DER STÄDTISCHE TIEFBAU.
IM VEREIN MIT FACHGENOSSEN HERAUSGEGEBEN VON
GEHEIMER BAURAT PROFESSOR DR. SCHMITT IN DARMSTADT.
BAND III.

DIE STÄDTEREINIGUNG.

VON

PROFESSOR F. W. BÜSING.

ERSTES HEFT:

GRUNDLAGEN FÜR DIE TECHNISCHEN EINRICHTUNGEN DER STÄDTEREINIGUNG.

MIT 14 IN DEN TEXT GEDRUCKTEN ILLUSTRATIONEN.

STUTTGART 1897.
VERLAG VON ARNOLD BERGSTRÄSSER.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Die Städtereinigung.

Inhaltsverzeichnis des ersten Heftes.

Erste Abteilung:

Grundlagen für die technischen Einrichtungen der Städtereinigung.

		Seite
I. Abschn.	Abriß der geschichtlichen Entwickelung des Städtereinigungswesens und der Erfolge desselben	3
	1. Kap. Abriß der geschichtlichen Entwickelung	3
	2. Kap. Erfolge der Städtereinigung	29
II. Abschn.	Spezifische gesundheitliche Bedeutung der Abfallstoffe	43
III. Abschn.	Boden und Bodenverunreinigung	56
	1. Kap. Reiner Boden	56
	2. Kap. Bodenverunreinigung	65
	3. Kap. Selbstreinigung des Bodens	72
IV. Abschn.	Verunreinigung und Selbstreinigung offener Gewässer	81
	1. Kap. Verunreinigung der Gewässer	81
	2. Kap. Selbstreinigung der Flüsse	100
V. Abschn.	Luft, Luftreinigung und Luftbewegung	112
	1. Kap. Luftbeschaffenheit	112
	2. Kap. Luftbewegung	122
	3. Kap. Gesundheitliche Wirkungen der Luft anormaler Beschaffenheit	139
VI. Abschn.	Menge und Beschaffenheit der Abwasser	147
	1. Kap. Allgemeines über Fabrikwasser	147
	2. Kap. Häusliche Brauchwasser	151
	3. Kap. Meteorwasser im allgemeinen	169
	4. Kap. Verdunstung und Versickerung; Festhalten von Meteorwasser an der Vegetation	191
	5. Kap. Abflussmengen	200
	6. Kap. Modalitäten der Abführung der Wasser	224
VII. Abschn.	Trockene Abfallstoffe	234
	1. Kap. Menge, Beschaffenheit und Sammelweise der menschlichen Absonderungen	234
	2. Kap. Menge, Beschaffenheit und Sammelweise des Hauskehrichts (Hausmüll) u. s. w.	252
	3. Kap. Menge, Beschaffenheit und Sammelweise des Strassenkehrichts	257
	4. Kap. Menge, Beschaffenheit, Sammel- und Behandlungsweise des tierischen Düngers und anderer tierischer Abfälle	268
VIII. Abschn.	Allgemeines über Reinigung von Abfallstoffen; Desinfektion und Desodorisation	272
	1. Kap. Reinigung (Desinfektion) flüssiger Abfallstoffe	276
	2. Kap. Desinfektion, insbesondere trockener Abfallstoffe	334
	Druckfehler-Verzeichnis	342

Erste Abteilung.

Grundlagen für die technischen Einrichtungen der Städtereinigung.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

I. Abschnitt.

Abriss der geschichtlichen Entwickelung des Städtereinigungswesens und der Erfolge desselben.

1. Kapitel.

Abriss der geschichtlichen Entwickelung.

§ 1. Unter Städtereinigung wird heute die Entfernung der in den Wohnungen und der Umgebung derselben entstehenden Abfallstoffe verstanden. Und zwar ist dabei Entfernung innerhalb möglichst kurzer Frist nach der Entstehung der Abfallstoffe unterstellt.

Als Abfallstoffe gelten:

1. Menschliche und tierische Auswurfsstoffe; letztere kommen im nachfolgenden nur insoweit in Betracht, als es sich nicht um Dünger für rein landwirtschaftliche Zwecke handelt;

2. trockene Küchenabfälle, Asche, Brennmaterialreste, sowie Kehricht, der beim Hausreinigen und bei Reinhaltung der unmittelbaren Umgebung des Hauses entsteht; diese Abfälle führen oft den Sammelnamen Hausmüll;

3. die sogen. Brauchwasser des Hauses, eingeschlossen die in kleineren gewerblichen Betrieben entstehenden Brauchwasser;

4. das auf Dächer, Höfe und die unmittelbare Umgebung der Häuser niedergehende Meteorwasser;

5. das Meteorwasser, welches auf Straßen und Plätze niedergeht, und auch in der Form von Sprengwasser aufgebracht wird;

6. das in größeren gewerblichen Betrieben entstehende Wasser (Fabrikwässer);

7. der Straßenkehricht.

Die zu 6 genannten Fabrikwässer kommen im nachstehenden nur nebensächlich zur Behandlung, weil die Verschiedenheit ihrer Zusammensetzung keine zusammenfassende Behandlung, wie sie im nachstehenden eingehalten wird, erlaubt.

Die möglichste Verhütung der Anhäufung von Abfallstoffen in der menschlichen Nähe ist nicht nur eine Hauptforderung der Gesundheitspflege, sondern auch eine solche der über ein gewisses Minimum hinaus fortgeschrittenen, allgemeinen Kultur, die beleidigende oder unangenehme Wahrnehmungen des einen oder andern unsrer Sinne — besonders solche von längerer Dauer — nicht dulden kann.

Insofern die „Beseitigung" der Abfallstoffe nicht gleichzeitig eine „Vernichtung"

ist — wenigstens nicht von vornherein —, handelt es sich zunächst immer nur um die Verlegung des Sitzes einer Schädlichkeit von einem Orte zu einem andern. Es muss daher immer unterstellt werden, daß es sich an dem neuen Orte zunächst nur um eine geminderte, nicht um gänzliche Aufhebung der Schädlichkeit handelt. Die Zustandsverbesserung kann also nur eine relative, niemals eine absolute sein.

§ 2. Die Gesundheitspflege hat den Abfallstoffen schon früh eine gewisse Bedeutung für das menschliche Wohlbefinden beigelegt; zu viel weiter reichender Erkenntnis des Gegenstandes und zu geklärten Ansichten ist dieselbe erst in der neueren und neuesten Zeit vorgedrungen.

Schon Babylon, Ninive und mehrere altägyptische Orte hatten einzelne Schmutzwasserableitungen, welche die Abwässer teils zu Flußläufen, teils zu Landflächen führten, auf denen sie zur Gewinnung von landwirtschaftlichen Erzeugnissen nutzbar gemacht wurden. Der Salomonische Tempel in Jerusalem war durch einen großen unterirdischen, auf langem Wege durch Kalkfels geführten Kanal mit dem Bach Kidron verbunden, der die bei den Tieropfern erfolgenden Abflüsse aufzunehmen hatte und mutmaßlich von dem so entstandenen verunreinigten Zustande erst den Namen Kidron — d. i. „schwarzer“ Bach — empfing. — Das 5. Buch Mosis enthält an mehreren Stellen (Kap. 13 und 23) Anordnungen darüber, wie mit den menschlichen Auswurfsstoffen verfahren werden soll.

Bei den Griechen scheint die Beseitigung der Abfallstoffe weniger Beachtung gefunden zu haben als etwa zur selben Zeit bei den Etruskern und Römern. Altgriechenland hat zwar einzelne größere Anlagen zur Wasserversorgung geschaffen, aber, soviel bekannt, keine unterirdischen Ableitungen für Schmutzwasser, während die Römer schon sehr früh nicht nur mächtige Wasserleitungen, sondern auch (etwa 600 v. Chr., unter Tarquinius Priscus) die große Cloaca maxima zur Ableitung von Brauchwasser, zunächst vom Forum anlegten. Später, bei mehrfachen Erweiterungen in die Stadt geführt und auch für die Zwecke der gewöhnlichen Hausentwässerung benutzt, ist die Cloaca maxima (die teilweise eine Lichtweite von fast 20 qm besaß) neuerdings größtenteils außer Gebrauch getreten, indem sie durch „moderne“ Kanäle ersetzt worden ist.

Auch in Städten außerhalb Italiens sind von den Römern mehrfach unterirdische Kanäle für Schmutzwasserabführung erbaut worden, so z. B. in Trier und Paris.

§ 3. Die größere Aufmerksamkeit hat unter den Abfallstoffen von jeher die Beseitigungsweise der menschlichen Auswurfsstoffe auf sich ziehen müssen, dies ihrer Beschaffenheit zufolge, während ihre Menge von weniger Bedeutung ist. Bei der Aufgabe der Sammlung, Fortschaffung, Unschädlichmachung, bezw. der wirtschaftlichen Verwertung der menschlichen Auswurfsstoffe sind neben den gesundheitlichen Gesichtspunkten solche ästhetischer, sittlicher und wirtschaftlicher Art beteiligt. Es hat dieses Zusammentreffen einer Reihe wichtiger Faktoren diejenigen konstruktiven Anordnungen, welche zur Sammlung und vorläufigen Fortschaffung dienen, die Abortseinrichtungen, zu einem Gegenstande gemacht, welcher, wie für die Bethätigung konstruktiven Geschicks, so auch für das Eingreifen der öffentlichen Gewalt einen weiten Spielraum bot.

Bei den Kulturvölkern des Altertums geschah die Sammlung der Exkremente in Gefäßen, Schalen oder ähnlich geformten Behältern aus Thon oder Metall, die an einer abgelegenen Stelle im Hause ihren Platz hatten; verschließbare Abortzellen waren unbekannt. In Japan, besonders aber in China, ist dieser Modus bis zur Gegenwart in Uebung geblieben. Die Sammlung der Auswurfs-

stoffe in Gruben scheint dem Altertum fremd gewesen zu sein und erst im Mittelalter einige Ausdehnung erlangt zu haben.

Im Jahre 1533 erging für Paris eine Vorschrift, nach der für jedes Haus eine Sammelgrube angelegt werden mußte. Die zeitweise Leerung derselben mußte durch besonders dazu geworbene Arbeiter gegen bestimmte Taxe ausgeführt werden.

Nach mehrhundertjähriger Uebung hat die Neuzeit dem Grubensystem den Krieg erklärt und wendet die Gesundheitspolizei einen großen Teil ihrer Arbeit dem Bestreben zu, dieses System entweder zu verdrängen oder durch einschränkende Vorschriften aller Art seine Schädlichkeiten möglichst zu verringern. Demzufolge ist neuerdings das Grubensystem vielfach durch das minder bedenkliche Tonnensystem ersetzt worden.

In den letzten 10 Jahren etwa ist dem letzteren ein Konkurrent in den Torfstreuklosetts erwachsen, die als eine Verbesserung der Erd- und Aschenklosetts angesehen werden können, deren erstes Auftreten in den Anfang der 60er Jahre fällt, wo der Engländer Moule bestimmte Angaben über die Menge der in den Erdklosetts erforderlichen Erde machte.

Auch der Ursprung der Abortszellen scheint dem späten Mittelalter anzugehören. In Deutschland kommen Abortszellen nicht früher als um 1500 vor, aber auch nur vereinzelt, und sie treten zahlreicher erst im 16. und 17. Jahrhundert auf. In Paris wird 1533 die Anlage von Cabinets d'aisance unter Festsetzung von Strafen vorgeschrieben, aber erst im Anfang des 16. Jahrhunderts werden sie allgemein angetroffen.

Wo fließendes Wasser zur Verfügung stand, scheint man dasselbe schon früh zur Abschwemmung der Exkremente benutzt zu haben. Die ersten Anlagen dieser Art findet man, soweit geschichtlich bekannt, bei den Römern. Bei den Aufgrabungen in Herkulanum und Pompeji sind aus Stein hergestellte Sitze gefunden worden, die ihren Inhalt an strömendes Wasser abgaben. Und unter Diocletian (etwa um 300) gab es in der Stadt Rom eine große Zahl öffentlicher Aborte, die bei der immensen Wasserzuführung zur Stadt, dem Reichtum an Bädern und beständig laufenden Brunnen mit Wasserspülung versehen waren. Die Abwasser gingen in unterirdische Abzüge. Von Tarquinius Superbus wurde (etwa 500 v. Chr.) die ursprünglich nur zur Entwässerung des Forums erbaute Cloaca maxima auch für Abschwemmung von Klosettstoffen eingerichtet und erweitert. Spülaborte mit gemauertem Sitz, metallischem Fallrohr und einer Schale, die von Wasser durchströmt wurde, hat man zu Granada in der Alhambra aufgefunden. Ob diese, dem 13. Jahrhundert entstammenden Anlagen auf römische Vorbilder oder auf Indien zurückweisen, wo Spülaborte ebenfalls früh bekannt gewesen sein sollen, ist eine nicht zu beantwortende Frage.

Bei den Spülaborten der älteren Zeit darf nicht an die Wasserklosetts von moderner Einrichtung gedacht werden, indem in jenen damals das Wasser lediglich zum Abschwemmen der Exkremente, nicht aber gleichzeitig für den Zweck der Reinigung des Auffanggefäßes (Trichter oder Becken) benutzt wurde. Zu mittelalterlicher Zeit ist in Städten, die von einem Wasserlauf durchflossen wurden, die Anlage der Aborte über dem Wasserlauf vielfach polizeilich gefordert worden.

Die Erfindung von Wasserklosetts der heutigen Art, welche mit Einrichtung zur Reinhaltung aller von den Exkrementen berührten Teile versehen sind und gleichzeitig die Abschwemmung jener bewirken, gehört einem wenig weit zurückliegenden Zeitpunkte an.

Nach Röchling (Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. 1895, S. 69) entstand die erste Wasserklosettkonstruktion in England im Jahre 1775. Es folgten rasch einige weitere Konstruktionen, die aber alle bis zum Jahre 1810 keinen nennens-

werten Eingang fanden. Auch noch 20 Jahre länger — bis 1830 — blieb der Gebrauch der Wasserklosetts in England nur sehr beschränkt, gewann aber von diesem Jahre an rasch an Ausdehnung. Vielleicht hat dazu das erstmalige Erscheinen der Cholera in England (im Jahre 1831) den Hauptanstoß gegeben. Da auf dem Festlande die Einrichtung zentraler Wasserversorgungen später als in England — erst in den 50er Jahren — beginnt, nimmt hier auch der Gebrauch des Wasserklosetts entsprechend später seinen Anfang und schreitet auch langsamer vor als in England.

§ 4. Unvermeidlich mußte vor Einführung geordneter Einrichtungen zur Beseitigung der menschlichen Auswurfsstoffe der Reinlichkeitszustand in der Umgebung der Häuser und in den Straßen ein höchst mangelhafter sein, da man beinahe gezwungenerweise die Straßen und Plätze als Ablagerungsstätten für alles, was im Hause „lästig" war, zu benutzen hatte. Man brauchte sich aber bei solcher Nutzung um so weniger Zwang aufzulegen, als die Straßen und Plätze sich meist im allerprimitivsten Zustande befanden, insofern sie ohne Pflasterung, vielfach wohl auch ohne einigermaßen regelmäßige Oberflächengestaltung waren.

In den Städten des alten Griechenlands hatte man in den Straßen häufig Bahnen aus Reihen von Platten oder Rinnen, die als Laufbahnen für Wagen dienten, sonst aber keinerlei Herrichtung der Straßenfläche. Die ersten Straßenpflasterungen scheint Karthago besessen zu haben; auch in der Stadt Rom war schon im 1. und 2. Jahrhundert eine Anzahl von Straßen mit Pflaster versehen. Aber die Kläglichkeit der Straßenbehandlung innerhalb der Städte des Römerreichs nimmt sich eigentümlich aus im Vergleich zu der reichen Ausstattung, welche man den großen Heerstraßen zuwendete, erklärt sich indeß aus der Geringfügigkeit, welche der Verkehr mit Wagen in ersteren nur hatte, sowie aus der Enge und Unregelmäßigkeit der Straßen sogar in den vornehmen Stadtteilen, in welchen sich die öffentlichen Gebäude befanden. Denn an die Schaffung eines regelmäßigen, von festen und einheitlich bestimmten Grundsätzen beherrschten Straßennetzes, welches in heutiger Zeit für unentbehrlich gilt, wurde in jener frühen Zeit noch nicht gedacht, da man das Werden des Straßennetzes meist von Gelegenheit und Zufall abhängig sein ließ.

Ein vereinzeltes Beispiel des frühen Besitzes von Straßenpflasterung bietet Cordowa, wo dasselbe um 850 unter dem Sultan Abdurrhaman eingeführt wurde. Erst mehr als drei Jahrhunderte später, gegen den Ausgang des 12. Jahrhunderts, erhielt Paris Straßenpflaster, 1399 Frankfurt a. M. die erste gepflasterte Straße. Um 1415, treffen wir, angeblich als erste deutsche Stadt, deren Straßen in einiger Ausdehnung mit Pflaster versehen wurden, Augsburg an; daneben wird Nürnberg genannt, welche sehr früh Straßenpflasterung erhielt; hier soll dasselbe schon 1368 angelegt worden sein. Die ersten Straßenpflasterungen Londons entstammen dem 15. und 16. Jahrhundert. Berlin hatte gegen Ende des 17. Jahrhunderts zwar zahlreiche Straßen mit Pflasterung; doch waren in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts noch längst nicht alle Straßen mit Pflasterung versehen.

§ 5. Wenn ohne feste Decke keine Reinlichkeit in den Straßen gedacht werden kann, wenn das Fehlen von geeigneten Sammel- und Transporteinrichtungen für die Abfallstoffe, und der Mangel von Satzungen der öffentlichen Gewalt in diesen Dingen bedacht wird, so ist es leicht, sich eine Vorstellung von dem Schmutz zu machen, der in den zum großen Teil von Festungsmauern eingeengten und deshalb dicht bevölkerten Städten der Frühzeit geherrscht haben wird. Wie heute noch in vielen Städten des Orients waren die Straßen die leicht erreichbaren Sammelstätten von Abfallstoffen aller Art und Unrat, nicht zum wenigsten auch des Düngers der Haustiere, die in denselben ihr Wesen trieben. Aber dies gilt nicht nur für Städte

mit ungepflasterten Straßen, sondern mit geringen Milderungen auch für Städte, deren Straßen mit Pflasterung versehen waren. In den Gossen derselben sammelten sich die verflüssigungsfähigen Unratstoffe oder bewegten sich bei einigem Gefälle den offenen Gewässern zu; nur ab und zu besorgte ein ausgiebiger Regenguß eine einigermaßen wirksame Spülung derselben. Obrigkeitliche Gebote zur Spülung, die hie und da erlassen wurden, konnten beim Mangel ausreichender Wassermengen keinen durchgreifenden Erfolg haben, noch weniger Verbote, welche darauf hinausgingen, die Ablagerung von Abfallstoffen von den Straßen fernzuhalten*). Die flüssigen Abgänge aus Abortgruben und Tonnen gelangten berechtigter- und unberechtigterweise in die Straßenrinnen, wie dies übrigens in manchen Städten bis zum heutigen Tage der Fall ist.

Die Sorge für Reinhaltung der Straßen macht sich, wie die in der unten mitgeteilten Note getroffenen Anordnungen zeigen, zwar früh bemerkbar, nimmt aber sehr langsamen Fortgang, dies besonders deshalb, weil sie, den Händen der Anwohner überlassen — wie dies früher allgemein die Regel war —, nur Mangelhaftes leisten konnte.

Wohl ein Beispiel der frühesten Einrichtung einer systematischen Straßenreinigung bietet Prag, wo die städtische Verwaltung schon im Jahre 1340 mit einem Unternehmer einen Vertrag über die regelmäßige Entfernung des Unrates von den Straßen abschloß. 1589 ging man weiter, indem verordnet ward, daß die Straßenfläche von dem Hause bis zum Rinnstein zweimal in der Woche (von den Anwohnern) gekehrt und der Kehricht durch arme Arbeiter zum Flußufer geschafft werden sollte. — 1342 wird in Paris ein Verbot gegen das Hinauswerfen alles dessen, was im Hause lästig sei, auf die Straße erlassen und 1609 Straßenreinigung auf öffentliche Kosten eingeführt. — Um 1600 werden in Berlin und Hamburg gleichzeitig die ersten dürftigen Einrichtungen zur Straßenreinigung getroffen, wobei man Israeliten anstellte, weil die Straßenreinigungsarbeit als „unehrlich" galt. 1680 ward für Berlin sogar tägliche Reinigung der Straßen eingeführt und dabei auch das bisher gestattete freie Umherlaufen der Schweine auf den Straßen und die Anlage von Ställen für dieselben an der Straßenfront unter Verbot gestellt. — In Edinburg war den Schweinen die Straße bis 1750 freigegeben.

In der neuesten Zeit ist man allgemein zu der Ansicht durchgedrungen, daß eine den gesundheitlichen Ansprüchen genügende Straßenreinigung nur von der öffentlichen Gewalt, nicht von den Straßenanwohnern ausgeführt werden könne und möglichst während der Nachtstunden ins Werk zu setzen sei. (Vergl. Thesen der Versammlung des Deutschen Vereins f. öffentl. Gesundheitspflege vom Jahre 1888. Vierteljahrsschrift des gen. Vereins, 1889.)

*) Zwei charakteristische Beispiele für den Inhalt solcher Verbote sind die folgenden:

Der Magistrat von Mühlberg verfügt um 1367:

„Der Mist soll nicht länger als 14 Tage auf dem Markte liegen, und länger nur mit besonderer Erlaubnis der Bürger und der Richter, bei 72 Danar Strafe." (Finkelnburg in Weyls Handbuch der Hygiene.)

Und eine kaiserliche Verordnung, die im Pestjahre 1585 für die Stadt Prag erlassen wurde, lautet:

„Nachdem verschiedene Unreinlichkeiten: Kot, Dünger, Unrat auf dem Gassengrunde abgelagert, und ebenfalls stinkende Wässer sowohl innerhalb als auch vor den Häusern angesammelt, und auch das Blut aus Schlacht- und Fleischhäusern auf die Straße gelangt, ebenso das Einschmelzen von Talg und Fetten gesundheitsschädliche Dünste erzeugen, nachdem ferner die in der Stadt umher laufenden Schweine den Kot in den Abzugsgräben aufwühlen und hierdurch Gestank verbreiten, so wird hiermit allen streng befohlen, solchen Unrat sowohl aus den Häusern als auch von der Straße zu entfernen und außerhalb der Stadt zu führen." Den Viehhändlern wird befohlen, das Borstenvieh bei Strafe sofortiger Wegnahme einzusperren. (Gerson in Verunreinigung der Wasserläufe.)

In dem Maße als die Beseitigung des *Hauskehrichts* durch Ablagerung auf der Straße im Laufe der Zeit auf Schwierigkeiten stieß, sei es wegen der immer zunehmenden Menge, sei es, weil die öffentliche Gewalt Verbote dagegen erließ oder strenger handhabte, erwiesen sich Einrichtungen zur geordneten Sammlung und Fortschaffung des Hauskehrichts (Hausmüll) notwendig, und es wurden nun entweder größere *Müllgruben* oder *bewegliche Behälter* beschafft. Wohl erst in einem vorgeschrittenen Stadium mischte die Polizeigewalt sich auch in diese Dinge ein, indem sie Anordnungen in Bezug auf die Bauweise, Größe und die Fristen traf, innerhalb deren Gruben und Behälter geleert werden müssen. Letztere wechselten — und wechseln noch heute zwischen *24 Stunden* und *mehreren Monaten*. Entweder ist die Fortschaffung des Hausmülls Sache des Einzelnen, oder sie wird durch freiwilligen Zusammentritt der Grundstücksbesitzer in die Hände einer oder mehrerer Unternehmungen gelegt, oder endlich, es nimmt die Gemeindeverwaltung die Aufgabe in die Hand, indem sie durch ortsstatutarische oder polizeiliche Satzungen strenge Ordnung einführt. Die Erfahrung hat gelehrt, daß fast nur auf letzterem Wege ein Zustand geschaffen werden kann, welcher den Ansprüchen der Reinlichkeit und Gesundheitspflege genügt. Indem aber mit der Beseitigungsweise des Hausmülls, wie immer dieselbe auch geordnet sein möge, eine Beschmutzung der öffentlichen Straße untrennbar verbunden ist und dieser Uebelstand sich da am stärksten geltend macht, wo die Straßenreinigung und Müllabfuhr unabhängig von einander bewirkt werden, herrscht neuerdings vielfache Uebereinstimmung darüber, daß Straßenreinigung und Müllabfuhr zusammengehören und die Sorge dafür in einer einzigen Hand, und zwar derjenigen der *Gemeinde*, liegen müsse. (Vergl. Verhandlungen des Deutschen Vereins f. öffentl. Gesundheitspflege im Jahre 1888 in der Vierteljahrsschrift des Vereins, 1889.) Mitbestimmend für diese Auffassung ist der weitere Umstand, daß auch die Sorge für den endgültigen Verbleib (d. h. die Verbrennung, oder eine andre gesundheitsunbedenkliche Art der Behandlung) in einer einzigen Hand weit besser aufgehoben ist, als wenn mehrere oder gar viele mit derselben befaßt sind.

Wenn wir heute aber bemerken, daß erst einzelne wenige Städte mit der zusammengefaßten Behandlung der Straßenreinigung und der Müllabfuhr sich belasten, so darf der Grund dafür gewöhnlich nicht etwa in Zweifeln an der Richtigkeit der obigen Auffassung gesehen werden, vielmehr oft nur in dem Widerstande, den alteingebürgerte Einrichtungen einer Neuerung in der Regel entgegenstellen. Besonders zahlreich liegt aber das Hindernis darin, daß in vielen Städten die Pflicht der Straßenreinigung oder doch der Gehwege (Bürgersteige) nach Herkommen oder Gesetz den Anwohnern obliegt, und man sich scheut, an rechtlich gewordenen Zuständen zu rütteln, um so mehr, als bei einer Neuregelung auch schwere Folgen finanzieller Natur sich ergeben können. Doch muß im gesundheitlichen Interesse das Ziel der Vereinigung beider in Rede befindlichen Dienstzweige, und zwar in der Hand der Gemeinde, unverrückt aufrecht erhalten werden.

§ 6. Einen besonderen Anstoß hat die Pflege des Städtereinigungswesens durch das erstmalige Auftreten der *Cholera* in *Europa* im Jahre 1831 erhalten, und nun ist es *England*, welches den Vorantritt nimmt. Die besondere Höhe der allgemeinen Sterblichkeitsziffer unter den niederen Klassen der englischen Bevölkerung veranlaßte das Parlament im Jahre 1838 zur Veranstaltung einer Enquete, über deren Ergebnisse in den Jahren 1840—43 ein Bericht von *Chadwick* erschien: Report on the sanitary Conditions of the labouring population of Great Britain, in welchem unter anderm festgestellt ward, daß bei 50 genau untersuchten Städten der Zustand der Kanalisationseinrichtungen in den Arbeitervierteln nur in *einer* einzigen Stadt

„beinahe befriedigend“ wäre, in nur 7 „erträglich“, in 42 dagegen „schauderhaft“ (detestable). Der Bericht schloß mit dem — damals neuen — Ausspruch: daß die allgemeine Sterblichkeitsziffer proportional der Bevölkerungsdichte ist, jedoch von dem Luftwechsel in den Häusern und von den Mitteln, Reinlichkeit zu schaffen, abhängt. 1847 entstand dann die Towns Improvement Act, 1848 die Public Health Act, durch welche u. a. auch eine Zentralinstanz für das Gesundheitswesen geschaffen ward und welche übrigens noch als hoch beachtenswerte Vorschrift diejenige enthält, daß jeder Ort den — bestehenden oder noch zu erlassenden — Gesetzen der öffentlichen Gesundheitspflege unterstellt werden sollte, in welchem das Mittel aus der Sterbeziffer der letzten sieben Jahre 23 auf 1000 übersteige, oder in welchem $^1/_{10}$ der Bevölkerungszahl die Unterstellung beantrage*).

Diese Anregungen haben auf dem Kontinent erst viel später Wurzel geschlagen, da hier eine grössere Thätigkeit in Sachen der Gesundheitspflege erst mit dem letzten Drittel des gegenwärtigen Jahrhunderts einsetzt.

Die schreiende Unreinlichkeit, welche in den Straßen der Städte des Mittelalters (S. 6) vielfach herrschte, insbesondere die Schwierigkeit, den wässerigen Schmutz in einer weniger schlimmen Art und Weise sich vom Halse zu schaffen, als durch einfaches Ausschütten auf die Straße oder auch in den in der Straßenmitte ausgehobenen offenen Graben, führten zur Anlage verdeckter Gräben, die man sich in den ersten Stadien meist nur als mit Holz verschalte Wände und Holzabdeckung zu denken hat. Die Sohle blieb dort ungedeckt, wo nicht das stärkere Längengefälle der Straßen bei größeren Regenfällen zu häufigen Abspülungen der Sohle die Ursache wurde; hier versah man auch die Grabensohle mit einer Deckung. In steinreichen Gegenden trat an die Stelle des Holzes der Stein. Erst nach und nach ging aus dieser Verdeckung der bloßen „Abzüge“ der in Mauerwerk hergestellte unterirdische Kanal hervor, immer aber, und dies sind unterscheidende Merkmale gegen die unterirdischen Kanäle der Jetztzeit, mit flacher Sohle, senkrecht aufgehenden Wänden und, wenigstens zumeist, mit ungeregeltem Gefälle. Auch bildete jeder Kanal für sich eine selbständige Anlage, und bestand ein Zusammenhang und ein Zusammenarbeiten zwischen mehreren derselben nicht. Die Herstellung der einzelnen Kanäle erfolgte entsprechend den Erweiterungen, welche die Stadt nach und nach erfuhr, oder auch wenn das Bedürfnis, der einen oder andern Straße einen besseren Reinlichkeitszustand zu verschaffen, derart dringlich geworden war, daß Abhilfe nicht weiter hinausgeschoben werden konnte. Immer wurden die Kanäle auf direktem Wege zu einem offenen Gewässer (Fluß, Stadtgraben oder See) geführt und wohl immer hatten sie eine, ohne nähere Anpassung an die aufzunehmende Wassermenge gewählte Profilgrösse und Gestalt, indem hierfür fast nur die Rücksicht auf Besteigbarkeit maßgebend war, die nicht entbehrt werden konnte, um gelegentlich vorkommenden Verstopfungen abzuhelfen.

Derartige Kanalanlagen, die mit den heutigen nur eine rein äusserliche Aehnlichkeit besitzen, sind in fast jeder Stadt in mehr oder weniger großer Zahl nach und nach entstanden. Ihre Leistungen haben in gesundheitlicher Hinsicht wohl nur selten den auf sie verwendeten Kosten entsprochen; in häufigen Fällen dürften sie mehr schädlich als nützlich gewirkt haben. Die in den unterirdischen Kanälen liegenden, dort meist stagnierenden Schmutzstoffe, welche nur dem offenen Anblick, damit aber auch der Ueberwachung ihres Verhaltens entzogen waren, konnten deshalb noch größere Schädlichkeiten als beim Liegen auf offener Straße erzeugen, wie ohne weiteres klar ist, wenn einzig beachtet wird, daß durch das undichte Mauerwerk

*) Die Sterblichkeitsziffer der englischen Städte war damals im Durchschnitt nur 22,3 von Tausend. Seitdem ist sie auf 20 und noch darunter gefallen.

der Seitenwände und Sohle hindurch faulende Stoffe möglichst unmittelbar in das Grundwasser und damit in das Wasser der in der Nähe liegenden Flachbrunnen gelangen konnten. Auch was Entstehung von intensiver Fäulnis und Geruchsbelästigungen betrifft, mußten die Leistungen so angelegter Kanäle minimal, wenn nicht geradezu schädlich sein. In London erreichten die mit der Ansammlung faulender Massen in den großen Kanälen verbundenen Uebelstände einen so großen Umfang, daß das Parlament veranlaßt war, sich der Sache zu bemächtigen. Es erschien 1852 ein sogen. Blaubuch, welches die Schäden aufdeckte und die Folge hatte, daß die weiten Kanäle aufgegeben und an ihrer Stelle enge Rohrkanäle ausgeführt wurden. Dieser Schritt kann fast als der Uebergang vom alten regellosen zum neuen geregelten Kanalisationssystem angesehen werden.

Neben Kanälen, die ausschließlich Brauchwasser — insbesondere der Küchen — aufnehmen sollten, kommen in früherer Zeit andre vor, welche zur Aufnahme nur der Tagwasser bestimmt waren, und wieder andre, die beiden Zwecken zu dienen hatten. Oft war es verboten, in die Kanäle menschliche Auswurfstoffe einzuführen. Letzteres galt für die englischen Städte ganz allgemein, denen die Benutzung der Kanäle zur Ableitung von Exkrementen erst seit dem Jahre 1848, wo die Public Health Act erschien, gestattet ist. Aehnlich wie in England in Frankreich, wo das „Schwemmsystem“, dort das System „tout à l'égout“ genannt, erst in der neueren Zeit Fürsprecher findet, während in Deutschland, umgekehrt, dasselbe von vorn herein vorherrschend gewesen ist und erst später einen Mitbewerber in dem „Trennsystem“ erhalten hat. Entsprechend finden sich unter den englischen Städten zahlreich solche, die bei der Aufnahme in ihre Kanäle dem einen oder andern der drei Teile: Tagwasser, Brauchwasser, menschliche Auswurfsstoffe, eine abgesonderte Behandlung zu teil werden lassen, während in Deutschland die zusammenfassende Behandlung und Ableitung bisher fast die Regel ist.

Es ist anzunehman, daß alle größeren Städte, die innerhalb ihrer Grenzen oder nahe an derselben über ein offenes Gewässer — Flußlauf, See, Stadtgraben, Meeresküste — geboten, im Mittelalter und im weiterhin folgenden Zeitenlaufe nach und nach mehr oder weniger zahlreich mit unterirdischen Kanälen ausgestattet worden sind. Die Technik hat dabei gelernt und je näher wir der Jetztzeit kommen, mehr und mehr vollkommene Anlagen geschaffen. Es sind nach und nach zweckmäßigere und den zuführenden Wassermengen besser als die ältesten Kanäle angepaßte Profile entstanden, und es ist dem Material sowohl als der Ausführung später eine höhere Aufmerksamkeit zugewendet worden. Vereinzelt kommen auch wohl Fälle der Entstehung von kleinen Kanalnetzen vor, indem man an die größeren Stammkanäle kleinere Seitenkanäle anschloß, auch wohl zwischen zwei oder mehreren Stammkanälen Verbindungen herstellte, durch die gegenseitige Unterstützungen, Vertretungen oder Entlastungen geschaffen wurden. Immer aber blieb, und dies gilt bis etwa zur Mitte des gegenwärtigen Jahrhunderts, das unterscheidende Merkmal bestehen, daß die Aufgabe der unterirdischen Entwässerung eines Stadtgebietes nicht als Ganzes erfaßt und als solches durchgeführt, sondern stückweise gelöst, und zwar so gelöst wurde, daß als Endergebnis eine Anlage entstand, die in eine mehr oder weniger große Anzahl von Teilen zerfiel, welche entweder ganz außer Zusammenhang waren oder die unter einander einen nur losen oder auch nur zeitweilig in Wirksamkeit tretenden Zusammenhang hatten. Immer führten die Kanäle ihren Inhalt auf kürzestem Wege einem offenen Gewässer zu, und häufig wies man ihnen nicht nur die Aufgabe zu, Abfallstoffe fortzuschaffen, sondern auch die weitere, das hochliegende Grundwasser zu senken. In letzterem Falle wurden die Sohle oder die Seitenwände durchlässig hergestellt und damit Anlagen

geschaffen, welche in der neueren Zeit als gesundheitlich besonders bedenklich erkannt worden sind.

Ueber solche ältere Anlagen ist geschichtlich wenig bekannt geworden. Was man über dieselben weiß, beschränkt sich in der Regel auf die Kenntnis des Zustandes, den man vorfand, als man in der Gegenwart daran ging, den inzwischen erheblich gesteigerten Anforderungen der Gesundheitspflege besser entsprechende Anlagen zu schaffen, und dabei genau zu prüfen hatte, was von den alten Einrichtungen etwa beizubehalten und was davon zu beseitigen sei.

Ueber ein einziges Beispiel einer Städtekanalisation aus mittelalterlicher Zeit, und zwar einer solchen, die für ihre Zeit als auffallend rationell bezeichnet werden muß, sind nähere Nachrichten vorhanden. Im Jahre 1531 ist in der schlesischen Stadt Bunzlau mit Herstellung einer Kanalisation begonnen worden. Anscheinend hat die damals schon bestehende reichliche Wasserversorgung der Stadt bei dem bezüglichen Entschluß der Stadtbehörden mitgewirkt, da sie das Mittel bot, die in ihrer Bauweise eben nicht gerade sehr vollkommenen Kanäle durch Spülung rein halten zu können. Die ersten Kanäle waren gemauerte. Wie viele davon in jener frühen Zeit erbaut, wie viele nach und nach hinzugefügt worden sind, ist nicht bekannt, doch wahrscheinlich, daß die Anlage von vornherein in einer gewissen Vollständigkeit zur Ausführung kam. Als man 1866 an eine Erweiterung der Kanalisation ging, war ein Bestand von 2892 m gemauerten Kanälen vorhanden. — Was der Bunzlauer Anlage noch ein Sonderinteresse anheftet, ist die Thatsache, daß hier der erste nachweisbare Fall vorliegt, in welchem der Kanalinhalt nicht einem Flusse übergeben, sondern zur Berieselung verwendet wurde. Und zwar hat die Berieselung, soviel die Quellen*) angeben, unmittelbar nach Fertigstellung der Kanäle begonnen. Sie wird in der ersten Zeit eine ungeregelte gewesen sein; doch ist schon in Kaufverträgen aus jener frühen Zeit von dem Recht auf Rieselwasserbezug die Rede, ein Beweis von der Wertschätzung desselben, und es wurde im Jahre 1748 infolge von Mißhelligkeiten unter den Berechtigten von Obrigkeits wegen eine „Berieselungsordnung" erlassen, in welcher genaue Bestimmungen über die Reihenfolge enthalten sind, in der die einzelnen Grundeigentümer das Rieselwasser beziehen sollen.

Die Berieselungsanlagen der Craigntinny-Wiesen bei Edinburgh, deren Anfänge der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts entstammen, mit Erweiterungen, die um etwa 1800 stattgefunden haben, sind sowohl was das Alter als die besonderen Einrichtungen betrifft, den Bunzlauer Anlagen nachzuordnen**).

Eine kräftige Bewegung im Interesse der Schaffung rationeller Städtekanalisationen setzt in Deutschland etwa um die Mitte des gegenwärtigen Jahrhunderts ein, gestützt auf das Vorgehen Englands, wo von früh an an den Aufgaben der Gesundheitspflege im allgemeinen und derjenigen der Städtekanalisation insbesondere eifrig gearbeitet worden ist und daher Gelegenheit gegeben war, über den günstigen Einfluß derselben auf Mortalität und Morbidität Erfahrungen zu sammeln. London besaß schon vor 1850 ein vollständiges Kanalnetz, das jedoch vermöge Einleitung seines Inhalts innerhalb des Stadtbildes in die Themse bald so große gesundheitliche und sonstige Uebelstände gezeitigt hatte, daß im Jahre 1853 der Auftrag zur Verfassung eines Planes, welcher Abhilfe brächte, erteilt werden mußte.

Unter den deutschen Städten, die in früher Zeit kanalisiert worden sind, steht Hamburg an erster Stelle. Für den im Mai 1842 zerstörten großen Stadtteil entwarf der englische Techniker Lindley gleichzeitig mit den Plänen zum Wiederaufbau auch einen vollständigen Kanalisationsplan, welcher in der Zeit bis 1848 durchgeführt und 1853 auf das ganze übrige Stadtgebiet erstreckt worden ist.

*) Adelt, Die Gesundheitsverhältnisse der Stadt Bunzlau u. s. w., in Eulenbergs Vierteljahrsschrift für gerichtl. Medizin u. öffentl. Sanitätswesen. Neue Folge. XLV. u. Vierteljahrsschrift für öffentl. Gesundheitspflege. Bd. 16. Pläne u. s. w. der Bunzlauer Anlage befinden sich im Hygienemuseum in Berlin.

**) Näheres zur Geschichte der Städtereinigung in J. Simon, Verhandlungen der English Sanitary Institution, 1890.

Wie in London wurde auch in Hamburg der Inhalt der Kanäle an die Flußläufe (Elbe und Alster) übergeben, und, gerade so wie in London, war man bald auch in Hamburg veranlaßt, den dadurch verursachten Mißständen ein Ende zu machen. In London hat man (1860—75) an beiden Themseufern sogen. Abfangkanäle (intercepting sewers) etwa 30 km weit stromabwärts geführt, ohne jedoch völlig befriedigende Zustände zu erreichen, und in Hamburg (1871—75) das sogen. Geeststammsiel erbaut, welches gleichfalls ein großer Abfangkanal ist, der die Alster von Schmutzwasserzuflüssen befreit und die gesamten Abwässer Hamburgs dem Elbstrome erst an einer außerhalb der Stadtgrenze liegenden Stelle übergibt.

§ 7. Bis zu der Zeit der 60er Jahre waren fast ohne Ausnahme die öffentlichen Gewässer als Vorflutmittel für die Kanalwässer benutzt worden, sowohl in Deutschland wie im Auslande. Infolge der erheblichen Zunahme der Industrie, welche nicht nur durch vermehrten Wasserverbrauch, sondern auch durch die Zusammenziehung größerer Arbeitermengen auf engem Raume eine entsprechende Vermehrung der Mengen der Abfallstoffe mit sich bringt, endlich durch den Mehrbetrag an Abfallstoffen, welcher infolge der allgemeinen Zunahme der Bevölkerungsdichte entsteht, waren zu jener Zeit die Zustände mancher Flußläufe zum Schaden ihres eigenen Regimes, des Fischlebens in denselben, der Uferbewohnerschaft und derjenigen Gewerbe, welche auf die Benutzung des Flußwassers angewiesen waren, nach und nach recht schlimme geworden; am schlimmsten zeigte sich das Uebel an einzelnen Flüssen des industriereichen Englands. Hier trat daher die sogen. Flußverunreinigungsfrage, die bei den heutigen Anlagen zur Städtereinigung eine bestimmende Rolle spielt, zuerst auf, und sie bewirkte im Jahre 1868 die Einsetzung einer Royal Commission, die den Auftrag zum Studium der Frage und zu Vorschlägen zur Abhilfe der Uebelstände erhielt. Dieser Kommission gehörte E. Frankland als Mitglied an. Sie wählte sich als Arbeitsfeld zwei große Flußgebiete des nördlichen Englands (Mersey- und Ribble-Becken) aus, studierte hier den Zustand der Flüsse und die Besonderheiten der in verschiedenen Gruppen von Gewerbebetrieben erzeugten Wasser, wie desgleichen der gewöhnlichen städtischen Abwässer. Die Kommission machte auch umfassende Beobachtungen und Versuche über die Eigenschaft der Selbstreinigung der Flüsse, über die Leistungsfähigkeit vieler chemischer Reinigungsverfahren, der Filtration in ihren typischen Ausführungsweisen, endlich der Berieselung. Eine gewaltige Fülle von vielseitigem und wertvollem Material zur Flußverunreinigungsfrage ist in dem 1870 erschienenen „First Report of the Commission appointed to inquire into the best Means of preventing the Pollution of Rivers (London, G. E. Eyre and W. Spottiswoode) niedergelegt und der Schluß des Berichts läuft in Vorschlägen von sogen. Grenzzahlen aus, d. h. Zahlen für die Größtmengen gewisser Stoffe, welche bei Einleitung in die Flüsse nicht überschritten werden sollen. Die Kommission hat dem ersten Bericht später noch weitere folgen lassen.

Im Jahre 1876 wurde in England das erste Gesetz gegen Flußverunreinigung: „The Law as to the Pollution of Rivers“ (London, Knight & Comp.) erlassen, welches fast jede Einführung fester und flüssiger Abfallstoffe verbot. Die Vorschriften dieses Gesetzes aber haben sich bald als zu streng, mit andern wichtigen Interessen unvereinbar erwiesen und man hat sich nach wenigen Jahren, in welchen sich die Undurchführbarkeit allerorts herausstellte, zu dem Erlaß eines neuen abgeänderten Gesetzes gezwungen gesehen. Die zehn Jahre später erlassene „Rivers Pollution Prevention Act of the year 1886“ stellt ermäßigte Ansprüche, was insbesondere darin hervortritt, daß die nun aufgestellten Grenzzahlen andre sind, je nachdem es sich um Flußläufe handelt, aus welchen Trinkwasser entnommen wird oder nicht.

Soviel bekannt, sind die Wirkungen dieses englischen Gesetzes jedoch längst nicht überall befriedigend.

Nur wenige Jahre später als in England ist die Flußverunreinigungsfrage auch in Frankreich aufgenommen worden. Es wurde im Jahre 1874 staatsseitig eine Kommission mit der Aufgabe betraut, den besonders bedenklich gewordenen Zustand der Seine unterhalb Paris zu untersuchen. Späterhin sind noch andre Kommissionen eingesetzt worden (für Paris im Jahre 1880, für die Rhone bei Lyon zu einem andern Zeitpunkte). Der vom 12. Dezember 1874 datierte Bericht, den die erste Kommission erstattet hat, ist im 3. Anhang zu dem Werke: „Die Reinigung und Entwässerung Berlins“, Berlin, Hirschwald, mitgeteilt.

Die Vorgänge und Feststellungen, welche in England und Frankreich über Flußverunreinigungen gemacht waren, sind für Deutschland mehrfach fruchtbar gewesen. Sie haben u. a. zu der in Berlin Anfang der 70er Jahre getroffenen Entscheidung über das damals schwebende Kanalisationsprojekt beigetragen. War in dem ersten (von Wiebe aufgestellten) Projekt nach englischen Vorbildern eine Uebergabe der Abwässer an die Spree an einem unterhalb der Stadt liegenden Punkte beabsichtigt gewesen, so mußte hiervon nunmehr Abstand genommen werden, weil es als vollkommen unzulässig erschien, die Spree mit dem Schmutzwasser der Stadt zu belasten.

In vergleichsweise günstigen Umständen befanden sich, was die Flußverunreinigungsfrage betrifft, bis in die neuere Zeit hinein die Städte der Vereinigten Staaten Nordamerikas. Aber selbst die immer noch geringe Bevölkerungsdichte der älteren Staaten der Union, welche von 50—150 auf 1 qkm schwankt, und die bedeutende Größe vieler amerikanischen Ströme, hat die an den Ufern derselben sich breitenden Städte nicht lange vor dem Auftauchen jener Frage zu schützen vermocht. Schon im Jahre 1871 hat die Frage im Staate Massachusetts aufgenommen werden müssen und es sind dort sowohl 1878 als 1886 Gesetze erlassen worden, bestimmt, die Gefahren abzuwenden, welche sich für Flüsse, die zu Trinkwasserversorgungen benutzt werden, ergeben, wenn in dieselben städtische Abwässer eingeleitet werden. Das Gesetz von 1878 untersagt derartige Verunreinigungen für eine Flußlänge, die von der Entnahmestelle 32 km flußaufwärts reicht; aber beide Gesetze sind unzulänglich. Im Jahre 1888 ist in Massachusetts eine Staatskommission eingesetzt worden, die zu Lawrence eine Station errichtet hat, welche die Frage der Flußverunreinigung und der Abwasserreinigung durch eigene Untersuchungen studiert und darüber berichtet. Die bedeutungsvollen Arbeiten dieser Kommission gehen zur Zeit noch fort.

Immerhin schreitet die Lösung der Frage in den Vereinigten Staaten nur langsam vor, besonders aus dem Grunde, daß derselben dort in viel höherem Maße als bei uns ein bloß wirtschaftlicher Charakter beiwohnt. Dem Amerikaner, welcher sich durch Verunreinigung eines Flusses geschädigt glaubt, sind keinerlei Schranken in der Anstrengung einer Zivilklage gegen die Urheber der Verunreinigung gezogen und er erstreitet leicht ein obsiegendes Erkenntnis. So lange nun als die auf Grund richterlicher Erkenntnisse von den Städten zu zahlenden Entschädigungen hinter dem Kostenbetrage zurückbleiben, der ihnen für Schaffung von Einrichtungen erwachsen würde, durch welche die Flüsse rein erhalten werden, nimmt man von solchen Einrichtungen Abstand, und es ist damit die Lösung des schwierigen Problems zunächst immer auf die Stufe eines einfachen Rechenexempels zurückgeführt (Transact. of the American Society of Civil Engineers 1888; Januarheft). Doch wird auch in Amerika die Notwendigkeit öffentlich-rechtlichen Schutzes gegen Flußverunreinigungen allgemein mehr und mehr fühlbar. Denn kleine Flußläufe, ausreichend, die Regenwässer sicher abzuführen, werden von Tage zu Tage

durch die Schmutzstoffe aus den an ihren Ufern liegenden, rapid wachsenden Städten und kleinen Orten, stärker verunreinigt, und der Zeitpunkt, wo der bisher erträgliche Zustand in einen unerträglichen übergeht, liegt nicht mehr weit voraus. Wenn derselbe erreicht ist, kann die Gesetzgebung sich der Aufgabe nicht länger entziehen, Abhilfe zu schaffen. Die großen amerikanischen Städte Boston, Philadelphia und Chicago, bezw. ihre Umgebung, haben schon heute mit den Schwierigkeiten der Flußverunreinigung ernstlich zu kämpfen.

Dem gesetzgeberischen Vorgehen Englands sind mehrere der Staaten des Festlandes gefolgt, am frühesten, soviel bekannt, das industriereiche Königreich Sachsen. Hier, wie in Elsaß-Lothringen, Baden und der Schweiz richtete sich das Vorgehen vornehmlich gegen die Abwässer der Fabriken.

Vom sächsischen Ministerium des Innern sind am 9. April 1877, bezw. 28. März 1882 und 19. Dezember 1885 bezügliche Verordnungen erlassen worden, in welchen aber keine Grenzzahlen festgesetzt, sondern nur allgemeine Direktiven gegeben werden. Es sollen regelmäßige Besichtigungen der Flüsse stattfinden und bei festgestellten Verunreinigungen die Verpflichteten event. im Zwangsverfahren angehalten werden, alle Maßnahmen vorzukehren, welche nach dem jeweiligen Stande der Wissenschaft getroffen werden können, um betreffenden Uebelständen abzuhelfen, oder dieselben auf das thunlichst zulässige Maß zu beschränken. Es sind jedoch an die betreffenden Anlagen, unter schonender Wahrnehmung der Industrie wie auch der Landwirtschaft, nur solche Anforderungen zu stellen, welche mit einem nutzbringenden Betriebe derselben vereinbar sind. Die technische Deputation des Ministeriums des Innern ist in dieser Sache als Rekursinstanz eingesetzt, und damit eine ausreichende Gleichmäßigkeit in der Durchführung der allgemeinen Normen gewährleistet.

In Baden erging am 27. Juni 1874 eine Ministerialverordnung, nach welcher die Einführung schädlicher Stoffe in die Flüsse polizeilich verboten werden kann. Die Ableitung des Wassers aus gewerblichen Anlagen in Flüsse, Bäche, Wassergräben, Teiche, sowie die Benutzung des Wassers aus solchen Gewässern zu gewerblichen Zwecken kann, wenn dadurch eine die öffentliche Gesundheit gefährdende Verunreinigung entsteht, durch den Bezirksrat untersagt werden.

Uebereinstimmende Vorschriften zum Schutze der Fischerei sind auf Grund einer staatlichen Vereinbarung von Elsaß-Lothringen, Baden und der Schweiz erlassen worden, für ersteres Land durch eine Bekanntmachung, die vom 11. Oktober 1884 datiert. Es werden darin für eine Reihe von Stoffen, die aus gewerblichen Betrieben herrühren, Grenzzahlen angegeben, bei deren Ueberschreitung die Stoffe im Sinne des bestehenden Wassergesetzes als „schädlich“ gelten, und ihre Einführung in Flußläufe gewissen Beschränkungen unterliegt.

Weiter gehende Vorschriften hat die Landesfischereiordnung für Baden vom 3. Februar 1888 getroffen. Das badische Gesetz benennt eine Reihe von Stoffen, deren Einleitung in Fischgewässer, wenn eine Ueberschreitung gewisser Grenzzahlen stattfindet, gänzlich verboten ist, und es stellt bezüglich der Einleitung andrer Stoffe den Grundsatz auf: daß die Einleitung erst dann gestattet werden darf, wenn nachgewiesen ist, daß Beseitigung auf anderm Wege, oder daß eine „Aufarbeitung“ der Stoffe nicht ohne unverhältnismäßigen Kostenaufwand sich als durchführbar erweist. Die Erlaubnis zur Einleitung ist an gewisse Bedingungen zu knüpfen, durch welche einige Besonderheiten der betreffenden Einrichtungen geregelt werden.

Ueber die Vorschriften der schweizerischen Gesetze vom 18. August 1875 und 18. Mai 1877 u. s. w. vergl. u. a. S. 256 in Fischer, Das Wasser, Berlin 1891.

Handelt es sich bei den badischen, elsaß-lothringischen und schweizerischen

Vorschriften speziell nur um den Schutz der Fischereiinteressen, so kommen doch diese Vorschriften auch den Interessen der Gesundheitspflege zu statten.

Was noch andre deutsche Staaten betrifft, so sind betreffende Gesetze in Preußen am 30. Mai 1874, in Bayern am 28. Mai 1852, in Oldenburg am 20. November 1860 erlassen. Ueber das Vorgehen sonstiger deutscher Staaten auf diesem Gebiete ist nichts Genaueres bekannt.

In Preußen hatte aber bereits das Allgemeine Landrecht Ende des vorigen Jahrhunderts einige Grundsätze zum Schutz der öffentlichen Gewässer vor Verunreinigungen festgelegt; dieselben sind durch die Rechtsprechung jedoch meist in nicht strengem Sinne ausgelegt worden. Die Entscheidungen gingen im allgemeinen dahin, daß jeder zum „gemeinüblichen Gebrauch" des Wassers der Flüsse berechtigt sei, mithin auch jeder die mit dem gemeinüblichen Gebrauch verbundenen Verunreinigungen dulden müsse. Damit ist in jedem Falle der Ausgang eines bezüglichen Rechtsstreites davon abhängig gemacht, was unter dem „gemeinüblichen Gebrauch" zu verstehen sei, und es ist, da die Entscheidung darüber den örtlichen Verhältnissen entnommen werden muß, erklärlich, daß Ungleichmäßigkeiten entstehen. Als nichts andres denn als ein gemeinüblicher Gebrauch eines Flusses kann unter Umständen auch die Einleitung sehr bedeutender Mengen von Fabrikwässern angesehen werden; ein betreffendes Beispiel liegt zur Zeit an der Elbe vor, welche oberhalb der Stadt Magdeburg durch die Abwässer der an der Saale liegenden zahlreichen industriellen Werke stark verunreinigt wird. Die Stadt Magdeburg, deren gesundheitliches und wirtschaftliches Interesse erheblich geschädigt ist, hat gegen diese Verunreinigung sich bisher vergeblich um Schutz bemüht.

Erweiterten Schutz gegen Verunreinigung von Flüssen mit den Abfällen bestimmter Fabriken schaffte ein preußisches Gesetz vom 28. Februar 1843 über die Benutzung der Privatflüsse; dasselbe bestimmt, daß das zum Betriebe von Gerbereien, Walkereien, Färbereien benutzte Wasser keinem Flusse zugeleitet werden darf, wenn hierdurch der Bedarf der Umgegend an reinem Wasser beeinträchtigt oder eine erhebliche Belästigung des Publikums verursacht wird.

Bei dem von dem Preußischen Allgemeinen Landrecht gewährten Schutz handelt es sich — wie auch in andern Gesetzen — ausschließlich oder doch vorwiegend um die Sicherstellung von Interessen, welche dem Gebiet des sogen. Privatrechts angehören, während die Wahrung der öffentlichen Interessen dem Gebiete des Polizeirechts zufällt. Auf dieser Grundlage ist, mit Gültigkeit für den ganzen Umfang des Deutschen Reichs, die deutsche Gewerbeordnung vom 25. Juni 1860 vorgegangen, welche die betreffenden Bestimmungen in den §§ 16—27 getroffen hat, die von den sogen. konzessionspflichtigen oder den einer besonderen Genehmigung bedürfenden gewerblichen Anlagen handeln. Zu diesen Gesetzesvorschriften sind wohl in allen deutschen Staaten Ausführungsbestimmungen ergangen, unter denen hier nur eine für Preußen erlassene „Technische Anleitung" *) erwähnt werden mag. Darin ist unter den allgemeinen Gesichtspunkten folgendes ausgesprochen:

Besondere Sorgfalt — in dem Verfahren der Behörden — verlangt die Behandlung der festen und flüssigen Fabrikabgänge. Das Vergraben und Versenken derselben wird nur ausnahmsweise, bei erwiesener Unschädlichkeit dieses Beseitigungsmodus gestattet werden können und die Ableitung der Abgänge in öffentliche oder Privatgewässer ist häufig mit schweren, die lebhaftesten und begründetsten Klagen der Adjazenten hervorrufenden Uebelständen verknüpft, so daß gerade dieser Punkt die vollste Aufmerksamkeit der Konzessionsbehörde erheischt. Es kann nicht für angemessen erachtet werden, in dem Konzessionsverfahren diesen Gegenstand von der Erörterung

*) Mitgeteilt u. a. in Süssenguth, Die Gewerbegesetzgebung für Fabriken. Magdeburg 1881.

auszuschließen und der besonderen polizeilichen Regelung auf Grund der Kabinettsorder vom 24. Februar 1876 und des Gesetzes vom 28. Februar 1843 über die Benutzung der Privatflüsse vorzubehalten; vielmehr ist die Konzession, wenn die Absicht des Unternehmers, sich der Betriebsabgänge durch Ableitung derselben in Wasserläufe zu entledigen, aus seinen ausdrücklichen Erklärungen oder aus den Umständen des Falles erhellt und hiervon erhebliche Uebelstände zu besorgen sind, zu versagen oder an geeignete Bedingungen zu knüpfen. Im Falle der Konzessionserteilung ist es überdies ratsam, der Konzessionsbehörde ausdrücklich das Recht zu wahren, jederzeit die Ableitung der Abgänge in Wasserläufe von weiteren Bedingungen abhängig zu machen oder auch gänzlich zu untersagen, falls die bei der Konzessionserteilung gegebenen Vorschriften sich als unzulänglich erweisen sollten. Soweit Interessen von Fischereiberechtigten beteiligt sind, ist § 43 des Gesetzes vom 30. Mai 1874 zu beachten.

Es folgen alsdann Sonderbestimmungen, welche auf einzelne Fabrikbetriebe Anwendung finden, und in denen die Abwasser von Schnellbleichen, Stärkefabriken, Schlächtereien, Gerbereien, Abdeckereien, Poudrette- und Dungpulverfabriken, Aufbereitungsanstalten, Zubereitungsanstalten von Tierhaaren und Anlagen zur Gewinnung roher Metalle als besonders bedenklich und für ihre Behandlung u. s. w. spezielle Gesichtspunkte hervorgehoben werden. — Weitere Vorschriften hierher gehöriger Art hat die neuere Arbeiterschutzgesetzgebung gebracht, worüber insbesondere Albrecht, Handb. d. Gewerbehygiene, Berlin 1896, zu vergleichen ist.

§ 8. Ueber die Behandlung gewöhnlicher städtischer Abwässer gab es bis in die 70er Jahre in Preußen keine allgemein geltenden Polizeivorschriften, nicht einmal allgemeine Normen. Als nunmehr einige Städte zu Erweiterungen ihrer Kanalisationswerke oder zu Neuanlagen schritten, wurde die „Königl. Wissenschaftliche Deputation für das Medizinalwesen" berufen, in den einzelnen Fällen Gutachten über bereits vorliegende oder zu erwartende Flußverunreinigungen abzugeben. Die ersten Fälle dieser Art scheinen diejenigen gewesen zu sein, die sich auf die Kanalisationen von Frankfurt a. M. (5. Juni 1876) und von Köln (2. Mai 1877) beziehen. In dem erstgedachten Gutachten ward erklärt, „daß die Sanitätspolizei nach den traurigen, mit der Verunreinigung der Flüsse gemachten Erfahrungen es gegenwärtig als ihre Aufgabe betrachten muß, alle erheblichen Verunreinigungen der Flüsse durch die Kanalstoffe, Industrieabfälle u. dergl. möglichst fernzuhalten oder, wo dies nicht angängig ist, diese Stoffe dem Flusse doch wenigstens in einem so gereinigten Zustande zuzuführen, daß sich eine erhebliche Verunreinigung durch dieselben nicht mehr befürchten läßt".

Und der ministerielle Erlaß bezüglich der Kanalisation von Köln, der den sämtlichen betreffenden Staatsbehörden zur Nachachtung zugefertigt ward, enthielt das allgemeine Verbot der Einleitung städtischer Abwasser in Flußläufe, ohne zuvor eingeholte ministerielle Genehmigung. Damit war eine überall gültige Norm gewonnen, die durch spätere Gutachten weiter ausgebaut ward. In einem Gutachten vom 1. September 1877 stellte die Wissenschaftliche Deputation den Grundsatz auf, daß von der Einleitung in die Flußläufe selbst die Abwasser solcher Städte auszuschließen seien, welche von jenen die Abflüsse aus Wasserklosetts fernhalten. Sie ging dabei von der — durch Erfahrung gut begründeten — Ansicht aus, daß aus Wasserklosetts leicht auf Unrechtwegen Zuflüsse zu den Kanälen geschaffen werden und selbst das Fehlen von Wasserklosetts keine Gewähr dafür bietet, daß große Mengen von Abtrittsstoffen in die Kanäle gelangen.

Eine noch weitere Verschärfung war es, als (unterm 22. Juni 1882) in einem an die Stadt Charlottenburg gerichteten Ministerialerlaß die Einleitung auch solcher Abwasser in einen Fluß unter Verbot gestellt ward, welche in den einzelnen angeschlossenen Grundstücken eine zuvorige Reinigung erfahren haben. Denn, so spricht sich der Erlaß aus:

„Die Anwendung von irgend welchen sogen. Desinfektionsstoffen zur Klärung und Reinigung von Schmutzwassern des einzelnen Hauses in den Schlammfängen desselben, welche im wesentlichen der Gewissenhaftigkeit und Sorg-

samkeit der Hausbesitzer überlassen bleiben müßte, und sich nur sehr schwer in ausreichendem Maße kontrollieren lassen würde, erregt um so größere Bedenken, als diese Haus- und Wirtschaftswässer selbst bei zweckmäßig geregelter Abfuhr und möglichst strenger Durchführung des Verbots von Zuleitung der Fäkalien erfahrungsmäßig von letzteren nicht freizuhalten sind, vielmehr ein Teil des Kotes und sehr bedeutende Mengen von Urin demselben beigemischt werden. Unter diesen Umständen müssen zentrale Anlagen für die Reinigung des Inhalts der Kanäle, der vor Einleitung in den Fluß zu sammeln wäre, für erforderlich erachtet werden."

Eine Anzahl von Gutachten der Wissenschaftlichen Deputation aus jener Frühzeit, die sich auf eine Reihe von preußischen Städten beziehen, und welche die Kanalisationen von Posen, Neisse, Hannover, Erfurt, Stralsund, Minden u.s.w. beziehen, sind an mehreren Stellen in der „Vierteljahrsschrift für gerichtliche Medizin und öffentl. Sanitätswesen" (von Eulenberg) und in den „Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt", Bd. 5, gesammelt zur Veröffentlichung gelangt.

Alle Gutachten halten den grundsätzlich verneinenden Standpunkt ein, der freilich in einzelnen Fällen geringe Abweichungen erleidet. Aber für die bis dahin in der Benutzung der Wasserläufe unbeschränkt gewesenen Städte entstanden nun große Schwierigkeiten in der Ausführung beabsichtigter Erweiterungen und Neuanlagen, die teilweise so groß waren, daß man die Pläne entweder beiseite legte oder aber zu Aushilfsmaßregeln zweifelhaften Erfolges griff, bei welchen man den Schwierigkeiten der Flußbenutzung aus dem Wege ging. Es wurde mit Recht die Frage aufgeworfen, ob die fernere Einhaltung des aufgestellten Grundsatzes: „Gar keine Abwässer in die Flußläufe!" nicht mehr Schaden als Nutzen bringe? und unter der augenscheinlichen Berechtigung derselben sah die Regierung sich bald genötigt, den Gegenstand in seinem ganzen Umfange einer erneuten Bearbeitung zu unterwerfen. Dies schien um so mehr angezeigt, als die inzwischen gemachten großen Fortschritte in der Erkenntnis der spezifischen Schädlichkeit des mikroskopischen Lebens die Unterlagen für neue und wissenschaftlich besser als die früheren gesicherte Beurteilungen geliefert hatten.

Danach stellte im Jahre 1888 die Wissenschaftliche Deputation für das Medizinalwesen neue umfassende Normen zur Aufgabe der Fernhaltung von Flußverunreinigungen auf, nach welchen seitdem in Preußen verfahren wird. Diese Normen sind in dem weiter folgenden besonderen Abschnitt über Flußverunreinigung fast vollständig abgedruckt.

Indem bei der staatlichen Einteilung Deutschlands ein und derselbe Fluß oft eine Mehrzahl von Staaten berührt und, während die in einer Flußstrecke vor sich gehenden Verunreinigungen mit ihren schädlichen Folgen an der Staatsgrenze nicht Halt machen, doch jenseits derselben die andre Staatsbehörde andern Anschauungen und Grundsätzen folgt, begegnet in Deutschland die befriedigende Erledigung von Fragen, welche sich auf die Flußverunreinigung beziehen, leicht Schwierigkeiten, die in andern Ländern unbekannt sind. Sie würden nur durch Kompetenz des Reiches auf diesem Gebiete zu heben sein, die aber nicht besteht. Eine bei der Verfassung des „Entwurfs zum Bürgerlichen Gesetzbuch" gebotene Gelegenheit, wenigstens ein Stück der Frage gesetzlich zu regeln, ist unbenutzt gelassen worden, weil die mit der Abfassung jenes Entwurfs betraute Kommission von der — irrigen — Auffassung ausging, daß der Gegenstand vorwiegend dem öffentlichen (Polizei-)Recht angehöre und übrigens auch im allgemeinen von nur lokaler Bedeutung sei. Damit war die Angelegenheit für die Reichsgesetzgebung wenigstens einstweilen beiseite geschoben.

Danach hat sich die preußische Regierung veranlaßt gesehen, in ein neues in Bearbeitung genommenes Gesetz über das Wasserrecht auch die Flußverunreinigung einzubeziehen und an Stelle der zeitlich und örtlich schwankenden Verwaltungsgrundsätze, welche bisher galten, feste gesetzliche Normen ins Leben zu rufen. Der im Jahre 1894 veröffentlichte „Entwurf eines preußischen Wassergesetzes“ (Berlin, Parey) sieht folgende Hauptbestimmungen vor:

§ 24. Es ist verboten, in ober- oder unterirdische Gewässer abzuführen oder sonst einzubringen:

a) Stoffe von solcher Natur, daß durch die Abführung oder sonstige Einbringung eine ansteckende Krankheit verbreitet werden kann;

b) Stoffe von solcher Beschaffenheit und in solcher Menge, daß die Abführung oder sonstige Einbringung

1. eine gesundheitsschädliche Verunreinigung des Wassers oder der Luft,
2. eine erhebliche Belästigung des Publikums

zur Folge haben kann.

Welche Stoffe und welche Mengen unter dieses Verbot fallen, bestimmt der Oberpräsident der Provinz und erfolgt darüber öffentliche Bekanntmachung.

§ 25. Die Bestimmungen des § 24 sind durch königliche Verordnung auf Meeresbuchten und Haffe ausdehnbar.

§ 28. Von den im § 24 zu b getroffenen Bestimmungen sind Ausnahmen zulässig, wenn solche aus überwiegenden Gründen eines öffentlichen oder gemeinwirtschaftlichen Nutzens geboten erscheinen.

Diese Vorschriften, welche sich auf Fabrikwässer und gewöhnliche städtische Abwässer in gleicher Weise beziehen, scheinen im allgemeinen das Richtige zu treffen. Verschiedenheiten der Auffassung können aber darüber bestehen, ob nicht an Stelle der provinzweisen Festsetzung von Grenzzahlen, welche der § 24 vorsieht, besser eine einheitliche Festsetzung für das ganze Staatsgebiet erfolge.

§ 9. Der „Deutsche Verein für öffentliche Gesundheitspflege“ hat die Frage der Flußverunreinigung durch städtische Abwässer wiederholt auf seinen Jahresversammlungen beraten und mehrfach darauf bezügliche Resolutionen gefaßt; solche Beratungen haben in den Jahren 1876, 1877, 1883 und 1891 stattgefunden. Neben Hygienikern, welche die Flußläufe im allgemeinen als die natürlichen Rezipienten für städtische Abwässer und die zur Zeit beste Reinigungseinrichtung betrachten, sind in den Versammlungen andre Hygieniker zu Worte gekommen, welche der mehr oder weniger entgegengesetzten Auffassung huldigen, und andre, die auf vermittelndem Standpunkte stehen. Entsprechend hat der Verein sich bisher regelmäßig zu der Ansicht bekannt, daß die Freigabe der öffentlichen Wasserläufe für die Einleitung der städtischen Abwässer erwünscht sei, um die den Städten für Assanierungszwecke erwachsenden, ohnehin hohen Kosten nicht unnötig zu vergrößern. Vor allem aber hielt der Verein es für notwendig, die Bedingungen genau kennen zu lernen, unter denen solche Einleitungen zu gestatten seien. Er beschloß auf der Leipziger Versammlung im Jahre 1891 ein Resolution, welche folgenden Wortlaut hatte:

„Unter Bezugnahme auf frühere Eingaben vom 15. Oktober 1876, wie vom 3. August 1878, und in Anbetracht der neueren, von v. Pettenkofer und vom Reichsgesundheitsamt angestellten Untersuchungen über die Selbstreinigung der Flüsse, in möglichst dringlicher Weise beim Reichskanzler vorstellig zu werden, daß die systematische Untersuchung auf alle diejenigen Flüsse und öffentlichen Wasserläufe des Deutschen Reiches ausgedehnt werde, welche für die Aufnahme städtischer Abwässer in Betracht kommen, um möglichst bald exakte Normen über deren zulässige Verunreinigung zu gewinnen. — Besondere Reinigungsanlagen für diese Abwässer vor Einleitung in den Fluß sind nur dann zu fordern, wenn durch spezielle örtliche Untersuchung ermittelt ist, daß die selbstreinigende Kraft des Flusses nicht ausreicht.“

Aus der von dem Reichskanzler auf diesen Antrag ergangenen Antwort ist folgendes hervorzuheben:

... Das zur Erstattung eines Gutachtens veranlaßte Kaiserliche Gesundheitsamt ist der Ansicht, daß von einer derartigen Untersuchung der erhoffte Nutzen nicht zu erwarten sei.

Das Gutachten beruht auf der Erwägung, daß die Art und Weise, wie sich die Gewässer der ihnen zugeführten Schmutzstoffe entledigen, eine sehr verschiedene ist und insbesondere stets abhängig bleibt von der Beschaffenheit der Verunreinigungen, von deren Mengenverhältnis, von der Bewegung des Wassers, auch von dem in der Nähe der Strommündungen sich geltend machenden Einfluß der Ebbe und Flut und, bei Landseen, von der Einwirkung des Windes auf die Wasseroberfläche.

Das Gutachten weist darauf hin, daß die niederen Algen und andre Wasserpflanzen eine hervorragende Rolle bei dem Prozeß der Selbstreinigung spielen, daß verschiedene Bakterienarten, welche durch ihre Lebensvorgänge die organischen Stoffe zersetzen, daran teil haben und daß das Gedeihen und daher auch die Wirkung dieser Faktoren wiederum von der geologischen Beschaffenheit des Flußbettes, von der Tiefe, Zusammensetzung, Bewegung und Temperatur des Wassers abhängig seien. Daraus folgert das Kaiserliche Gesundheitsamt, daß die Selbstreinigung in verschiedenen Wässern, und sogar in einzelnen Teilen desselben Gewässers, durch verschiedene Ursachen bedingt sein kann, daß Untersuchungen der angeregten Art somit in sehr großer Zahl an den verschiedensten Punkten angestellt werden müßten, und daß selbst Untersuchungen erschöpfender Art in ihren Ergebnissen keineswegs für die Dauer als maßgebend gelten könnten, da die Bedingungen der Selbstreinigung unter dem Einflusse wirtschaftlicher und baulicher Veränderungen im Laufe der Zeit sich ändern.

Bei dieser Sachlage lehnt der Reichskanzler den Antrag ab und verweist den Verein auf die Behandlung von Einzelfällen, in denen nach wie vor das Kaiserliche Gesundheitsamt der Sache seine Dienste widmen werde. Indem die Reichsverwaltung den in diesem Bescheide eingenommenen ablehnenden Standpunkt schon seit 1878 eingehalten und demselben auch in einer Sitzung des Reichstags am 7. Mai 1878 Ausdruck gegeben hat, ist nicht anzunehmen, daß sie denselben in absehbarer Zeit aufgeben wird.

§ 10. Kurz bevor die Frage der Flußverunreinigung von der Oeffentlichkeit und von Behörden in ernste Behandlung genommen war, zu Beginn der 60er Jahre, trat in der Person des grossen Agrikulturchemikers Justus v. Liebig ein bedeutender Kämpfer auf den Plan, dessen Autorität hinreichte, um die Art und Weise der Lösung der Aufgabe der Städtereinigung vorübergehend zu beeinflussen. Damals wurden aus Deutschland beträchtliche Mengen von Dungstoffen (Knochen) nach England exportiert. Hiergegen zuerst erhob sich v. Liebig, da er von der Entfremdung von der deutschen Landwirtschaft unentbehrlichen Stoffen eine schwere Schädigung der Ertragsfähigkeit der heimatlichen Felder fürchtete. Im weiteren Fortgange des Kampfes wurde v. Liebig auf das in England allgemein übliche Verfahren: der städtischen Abwässer sich durch Einlassen in die Flußläufe zu entledigen, aufmerksam und erweiterte nunmehr das Kampfgebiet, indem er auf die enormen Düngermengen hinwies, die in den städtischen Abwässern der Landwirtschaft verloren gingen. Er sah in diesem Verfahren den Weg zur vollständigen Verarmung ackerbautreibender Länder, ja sogar zur Entstehung von Völkerkriegen durch Hungersnot, indem er auf den von ihm erwiesenen Satz von der Aequivalenz zwischen dem, was dem Acker an Dünger zugetragen, und dem, was demselben in den Ernten entzogen wird, sich stützte. Die damals schon bestehenden Quellen für den Bezug künstlichen Düngers (Guano von den Südseeinseln) wurden von v. Liebig so gering geschätzt, daß er ihre vollständige Erschöpfung in einer nur kurzen Reihe von Jahren glaubte annehmen zu können.

Von vornherein war gegen den Liebigschen Anspruch der ungeschmälerten

Zuwendung der städtischen Auswurfsstoffe an die Landwirtschaft der Einwand zu erheben, daß v. Liebig die Form dieser Stoffe, d. h. die großen, für die Landwirtschaft nutzlosen — bezw. schädlichen — Wassermengen außer Betracht ließ, welche mit den nützlichen Stoffen zugleich übernommen werden müssen. Aber v. Liebigs Befürchtungen haben sich durch die Erfahrung bald als unbegründet herausgestellt und dies insbesondere, weil sie zu einseitig, bloß auf naturwissenschaftlichen Vordersätzen, beruhten. v. Liebig hatte die Möglichkeit der Erschließung von großen Schätzen sogen. künstlichen Düngers durch die Industrie, und ferner die Fähigkeit der modernen Transportmittel, gerade solche Stoffe — im Gegensatz zu der beschränkten Transportweite des flüssigen Düngers der städtischen Abwässer — über ungeahnt weite Bezirke zu verbreiten, außer acht gelassen.

Seitdem die Kalisalzlager bei Staßfurt und noch andre Lagerstätten von Kali in Deutschland (Inowrazlaw und Sperenberg) entdeckt worden sind, hat die Bewahrung der in städtischen Abwässern enthaltenen Kalimengen ihre frühere Bedeutung gänzlich eingebüßt. Und dasselbe gilt mit Bezug auf die Phosphorsäure, welche in ungeahnt großen Mengen als Nebenprodukt bei der Eisenerzeugung gewonnen wird, seitdem (im Jahre 1879) der Engländer Gilchrist Thomas sein Verfahren zur Entphosphorung des Roheisens angegeben hat und deutsche Eisenwerke zur Aufarbeitung von großen Mengen phosphorhaltiger Eisenerze übergegangen sind. Infolge dieser Entdeckungen sind die Preise von Kali und Phosphorsäure auf dem Düngermarkte so stark herunter gegangen, daß von einer vorteilhaften Nutzung der Dungstoffe, soweit sie der Landwirtschaft in städtischen Abwässern zur Verfügung gestellt werden könnten, gewöhnlich nicht mehr die Rede sein wird. Auch der Bedarf der Felder an Stickstoff braucht nicht notwendig aus Abwässern der Städte gedeckt zu werden; die Felder können ohne Benutzung dieser Quelle ihre Fruchtbarkeit bewahren, da außer der in dem Luftmeere den Pflanzen gebotenen Stickstoffquelle in neuerer Zeit auch mehrere künstliche Quellen von Stickstoff erschlossen worden sind. Dahin gehört zunächst der Chilisalpeter, dessen Vorkommen nicht auf Chile beschränkt ist, sondern der auch in Indien und Europa angetroffen wird. Und weiter kommen der Peru-Guano und das schwefelsaure Ammoniak in Betracht, welch letzteres in neuerer Zeit als Nebenprodukt bei der Leuchtgasbereitung aus dem früher gänzlich preisgegebenen Ammoniakwasser gewonnen wird.

Es ist klar, daß so große Aenderungen in den Bezugsquellen der Düngemittel, wie die angegebenen, die Stellung der Landwirtschaft zu der Frage der Behandlung städtischer Abwässer wesentlich haben verändern müssen. Für Forderungen wie die von v. Liebig vor etwa 40 Jahren erhobenen fehlt heute der Boden jedenfalls insoweit, als es sich um die Abwässer von Großstädten handelt, deren Massenhaftigkeit der gewöhnlichen landwirtschaftlichen Verwendungsweise unüberwindliche Schwierigkeiten bietet; das hat v. Liebig in späterer Zeit auch selbst anerkannt. Die Landwirtschaft hat sich daher auf den Standpunkt zurückgezogen, heute nur noch Widerspruch zu erheben, wenn kleinere Städte bei der Frage der Beseitigung ihrer Abfallstoffe neben gesundheitlichen Interessen nicht auch diejenigen der Landwirtschaft in gebührender Weise in Betracht ziehen*). Bei dieser Beschränkung ist der Standpunkt der Landwirtschaft berechtigt. Und für die großen Städte, die in erster Linie ihre Abwässer „los sein" wollen und für die eine „wirtschaftliche" Nutzung in zweiter Linie steht, ist ein größeres Maß von Freiheit in Bezug auf die Disposition über ihre Abwässer gewonnen worden, als sie es zu jener Zeit nur beanspruchen konnten, wo an die nutzlose Einleitung in die

*) Vergl. hierzu: Vogel, Die Verwertung der städtischen Abfallstoffe, Berlin 1895, Parey, und Arbeiten der Landwirtschafts-Gesellschaft, Heft 1: Ueber die keimtötende Wirkung des Torfmulls; 2. Aufl. 1894.

Flüsse sich vermeintlich eine unermeßliche Schädigung der Landeskultur anknüpfen sollte. Diese Entlastung vom Zwang kann der Pflege gesundheitlicher Interessen nur nützlich sein. Früher nahmen in den Erwägungen über die Städtereinigungsfrage die Interessen der Landwirtschaft oft einen breiten Raum ein; heute sind dieselben so weit ermäßigt, daß ihre Befriedigung keinen großen Hindernissen begegnet.

Freilich ist mit der Beseitigung der von dritter Seite in diese Frage hineingeworfenen Interessen die Aufgabe: für die sehr hohen Kosten der Beseitigung der städtischen Abfallstoffe, womöglich durch Verwertung derselben für die Landwirtschaft, eine teilweise Deckung zu finden, nicht beiseite geschoben, sondern besteht in dem einen Falle in höherem, in dem andern Falle in minderem Maße weiter.

Um welche Werte es sich dabei etwa handelt, ersieht man aus einer Angabe von Fischer (Fischer, Das Wasser, S. 60), der den Wert der in den Ausscheidungen von 1000 Menschen im Jahr enthaltenen Düngerstoffe — zu niedrigeren Preisen als Andre annehmen — berechnet, wie folgt:

489 kg Stickstoff in den Fäces à 1,2 Mk.	586,8 Mk.
687 kg Phosphate = 515,5 kg Phosphorsäure à 0,2 Mk. . . .	103,1 „
	689,9 Mk.
3482 kg Stickstoff im Harn à 1,2 Mk.	4178,4 Mk.
1725 kg Phosphate = 1294,4 kg Phosphorsäure à 0,2 Mk. . .	258,8 „
	4437,2 Mk.
Hierzu einen gewissen Zuschlag für das in den Ausscheidungen enthaltene Kali gerechnet ergiebt sich der Wert des in den Fäces enthaltenen Stickstoffs und Kalis zu rund	700 Mk.
der Wert des im Harn enthaltenen Stickstoffs und Kalis zu rund	4500 „
zusammen	5200 Mk.

das ist pro Person und Jahr 5,2 Mk.

Andre rechnen mit noch geringeren Zahlen für den Stickstoff, etwa mit 0,5 bis 0,7 Mk. pro kg. Folgt man dieser Annahme, so würde sich die Zahl von 5,2 Mk. per Kopf und Jahr auf 2,4—2,8 Mk. ermäßigen.

Bei den vorstehenden Rechnungen ist freilich der Wert derjenigen Dungstoffe außer Betracht gelassen, welche aus Küchenwassern und sonstigen Abfallstoffen den Abwassern beigemischt werden, die unter Umständen einen ebenso hohen Wert erreichen können, wie die Dungstoffe aus den menschlichen Auswurfsstoffen. (Weiteres hierzu folgt an späteren Stellen.)

§ 11. Wesentliche Förderung hat in Deutschland die Städtereinigungsaufgabe durch die Bemühungen zunächst der „Gesellschaft deutscher Naturforscher und Aerzte“, dann des „Vereins für öffentliche Gesundheitspflege“, der aus der genannten Gesellschaft heraus sich im Jahre 1873 bildete, und des schon im Jahre 1869 gegründeten „Niederrheinischen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege“ gefunden. Die Sektion für öffentliche Gesundheitspflege der 1868er Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte (zu Dresden) stellte u. a. folgende Thesen auf:

1. Die Gesundheit der Städtebewohner verlangt als eines der dringendsten Bedürfnisse, daß der Boden, worauf die Städte erbaut sind, rein und trocken erhalten werde. Rein, indem aller flüssige Unrat (Küchen-, Hausreinigungs-, Fabrikwasser) dem Boden weder direkt überliefert, noch in Gruben oder sonstwo in der Nähe der Wohnungen aufgesammelt, vielmehr vollständig und schleunigst weit aus den Städten hinausgeführt werde. Trocken, indem das Grundwasser, wo dasselbe regelmäßig oder zeitweise höher als die Kellersohle der Häuser steht, niedriger als dieselbe gelegt und auf diesem Standpunkte dauernd erhalten werde.

Zur Erreichung dieses Doppelzweckes sind folgende Forderungen zu stellen:

a) Reichliche Versorgung der Wohnhäuser mit frischem reinem Wasser und zwar am besten durch alle Stockwerke.
b) Jeder Aufspeicherungsort, jede Art von Gruben (Versickerungs-, Senk-, cementierte Gruben u. s. w.) sind unbedingt zu verbieten.
c) Leichte und schnelle Abführung des durch den Gebrauch verunreinigten Wassers durch gut eingerichtete, gehörig gespülte und gelüftete unterirdische Abzüge, dergestalt, daß jeder Fäulnis der flüssigen organischen Abgänge nicht nur im Bereiche des Hauses, sondern auch im Bereiche der ganzen Stadt unbedingt vorgebeugt wird.
d) Diese Abzüge sind so einzurichten, daß jedes Austreten von Luft aus denselben in die Häuser und die Verunreinigung des Untergrundes wirksam verhindert wird.
e) Die Abzüge müssen tiefer als die Kellersohlen liegen und sind so anzulegen, daß sie die Keller von etwaigem Grundwasser befreien, überhaupt die Keller vor dem Eintreten von Wasser in dieselben völlig schützen.

2. Eine besondere Beachtung verdient die Entfernung der menschlichen Exkremente, des ekelhaftesten Bestandteils des abzuführenden Unrats. Er gerät am schnellsten in Zersetzung, entwickelt die widerlichsten und schädlichsten Gase und dient zugleich als Entwickelungsstätte gewisser Krankheiten (Cholera, Typhus). In der Nähe unsrer Wohnungen aufgespeichert veranlaßt er Nachteile und Gefahren sowohl durch das Eindringen der Gase — und mit ihnen gewisser staubförmig aufsteigender Pilze und Sporen — in die Häuser als auch durch die Versickerung der flüssigen Teile in das umgebende Erdreich, durch die hiervon abhängige Verderbnis der Brunnen und die Ausdünstungen solchen infizierten Erdreichs. Bei diesen Stoffen vor allem ist jede Aufspeicherung verboten, schleunigste Entfernung geboten. Und zwar sollen diese Stoffe noch frisch abgeführt werden, d. h. ohne Aufenthalt, gleich nach ihrem Entstehen, und soweit mit Wasser verdünnt, daß sie ebenso leicht wie das sonstige unreine Hauswasser abfließen. Der reichliche Wasserverbrauch hierbei dient zugleich dazu, die Fallrohre rein zu erhalten, die erwähnte Verstäubung zu verhüten und durch Wasserabschluß dem Eindringen von Gasen in die Häuser vorzubeugen.

Nach dem Gesagten ist das Tonnensystem immerhin jeder Art von Gruben, selbst wenn diese durch die besten hydro-pneumatischen Apparate entleert werden, vorzuziehen, und ebenso das Schwemmsystem dem Tonnensystem.

Ueber den Verbleib der Kanalwasser beschloß die Versammlung keine Thesen. Doch lagen hierzu folgende Anträge vor, welche der Beschlußfassung in einer späteren Versammlung vorbehalten blieben:

a) Bei kleineren und mittleren, an größeren Flüssen gelegenen Städten ist vom gesundheitlichen Standpunkte aus gegen die Ausgießung des frischen, flüssigen Inhalts der Schwemmkanäle in jene Flüsse nichts zu erinnern.
b) Großen Städten kann diese Ausgießung, insbesondere in kleine Flüsse, nicht gestattet werden. Hier empfiehlt sich, zumal da die Frage der Desinfektion (d. h. gegenüber der bloßen Geruchlosmachung) die wirkliche Niederschlagung, Zersetzung und Zerstörung der schädlichen Bestandteile bis jetzt noch ganz problematisch ist, nach den bisherigen Erfahrungen vor allem die Berieselung des Landes.
c) Die Berieselung allein gewährt das Mittel, diese Flüsse vollkommen rein zu erhalten und allen düngenden flüssigen Unrat dem Ackerbau zuzuführen, indem andrerseits bei jeder Art von Abfuhr die Küchen-, Wasch-, Fabrik- und Straßenwasser etc. der Landwirtschaft entzogen bleiben.

Einzelnes, besonders aus der Begründung dieser Thesen ist inzwischen als hinfällig erkannt worden, ohne aber daß damit das Ziel derselben eine Einschränkung erlitten hätte; auch was den Wert, bezw. die Zulässigkeit der in den Thesen in Vorschlag gebrachten Mittel anbetrifft, haben die Ansichten inzwischen Wandelungen erfahren müssen.

Einen Teil des Inhalts von These 1 hat man fälschlich zuweilen dahin erweitert, daß die Kanalisation neben dem Zweck der Abführung der Schmutz- und Tagewässer auch den andern, der dauernder Tieferlegung des Grundwassers, zu erfüllen habe. Infolge dieser Auffassung sind vereinzelt Kanäle mit mehr oder weniger Durchlässigkeit der Wandungen angelegt worden, die dem Grundwasser den unmittelbaren Eintritt gestatten. Einerlei, ob die Verfasser von These 1 an dies

oder ein andres Mittel zur Senkung des Grundwassers gedacht haben oder nicht, so sind Kanäle mit absichtlich hergestellter Wanddurchlässigkeit aus zwei Gründen als fehlerhafte Ausführungen zu bezeichnen: Es wird dadurch die Möglichkeit, sei es gelegentlicher, sei es späterer, dauernder Verunreinigung des Grundwassers und der Grundluft geschaffen, indem der Kanalinhalt von innen nach außen dringt und es werden — im andern Falle — die in Bezug auf den Verbleib der Kanalwässer ohnehin bestehenden Schwierigkeiten noch vermehrt. Kanalwandungen sollen daher so dicht als möglich hergestellt werden und es ist bei allen Ausführungen der Neuzeit diesem Grundsatz auch Folge gegeben worden.

An einer gewissen Unsicherheit, die der falschen Auffassung und unrichtigen Anwendung weiten Spielraum läßt, laborierten die — freilich nicht zum Beschluß erhobenen — Thesen ad a und b über die Einleitung der Schmutzwässer in die Flußläufe, während die Schlußthese ad c wegen der Ausschließlichkeit, mit welcher sie für die Berieselung eintritt, heute als unhaltbar gelten muß.

§ 12. Ein an mehreren Stellen mit großer Heftigkeit geführter Streit der Ansichten entwickelte sich in den 70er Jahren in Deutschland um die Frage: ob Trenn-, ob Schwemmsystem? d. h. ob eine gemeinsame Kanalisierungsanlage für Brauch- und Regenwasser zu schaffen, oder ob die Ableitung des Brauchwassers — ohne Zumischung von Fäkalien — vorzuziehen sei?

Die ältesten Kanäle sind in der ganz überwiegenden Anzahl der Fälle einzig für den Zweck der unterirdischen Abführung von häuslichen Schmutzwässern erbaut worden. Auch die späteren ausgedehnteren Kanalanlagen waren in der Regel auf diese Zweckerfüllung beschränkt, da man das Tagwasser gewöhnlich sich selbst überließ und — unter den früheren Verhältnissen der Städte — auch überlassen konnte. Alle älteren Anlagen gehören daher dem Trennsystem an, das daher das ursprüngliche, im Gegensatz zu dem — neueren — Schwemmsystem ist.

Die Frage: ob Trenn-, ob Schwemmsystem? entstand erst, als in der Folge, vermöge der größer gewordenen Ansprüche an die Reinlichkeit der Straßen und vermöge der starken Entwickelung, welche der Straßenverkehr inzwischen erfahren hatte, manche Städte sich vor die Aufgabe gestellt sahen, gleichwie für die unterirdische Abführung der häuslichen Schmutzwässer, so auch für die unterirdische Ableitung der Tagwässer zu sorgen. Dabei war zu erwägen: ob durch die Mitaufnahme des Tagwassers in die Schmutzwasserkanäle die Anlage an Umfang zunimmt und entsprechend welche Kostenvermehrung dabei eintritt? Konnte man bei der Mitaufnahme der Regenwässer an den Kosten sparen, ohne mit unabweislichen Anforderungen der Gesundheitspflege und des Straßenverkehrs in Widerspruch zu geraten, so war damit dem Stadtsäckel eine mehr oder weniger große Entlastung verschafft.

Aber mit der schon bald nach Auftauchen dieser neuen Aufgabe städtischer Wohlfahrtseinrichtungen festgestellten Thatsache: daß das Straßenwasser keineswegs rein, sondern häufig nicht minder unrein ist als das Brauchwasser, ist die Frage: ob Schwemm- oder Trennsystem? grundsätzlich zu Ungunsten des letzteren entschieden. Doch schließt die grundsätzliche Entscheidung nicht aus, daß das Trennsystem in Städten, oder auch Teilen solcher mit besonderen Verkehrs- oder Geländeverhältnissen, nicht bloß volle Berechtigung besitzen, sondern unter Umständen Vorzüge vor dem Schwemmsystem haben, in gewissen Fällen auch die einzig mögliche Lösung enthalten kann. Der in seinen Anfängen auf allgemeinster Basis geführte lebhafte Streit hat darum neuerdings aufgehört und sich in Einzelkämpfe aufgelöst, die zu entbrennen pflegen, sobald der bestimmte Fall, daß diese oder jene Stadt an die Aufgabe der Schaffung einer Kanalisationsanlage herantritt, vorliegt.

Kämpfe wie diese sind dem Auslande fast fremd, da sich dort beide Systeme im freien Wettbewerb neben einander entwickelt haben. Dies gilt insbesondere von England, wo die Zahl der mit Trennsystem arbeitenden Städte verhältnismäßig groß ist. Aber in Deutschland dürfte das Trennsystem, welches bisher nur in einer kleinen Anzahl von Städten ausgeführt worden ist, auch in Zukunft die Ausnahme bilden, nachdem der in dieser Frage mit einer größeren Autorität ausgestattete „Deutsche Verein für öffentliche Gesundheitspflege" auf seiner Versammlung zu Breslau 1886 in folgenden Thesen sich grundsätzlich für das Schwemmsystem und nur in Ausnahmefällen für das Trennsystem ausgesprochen hat:

1. Jede größere, namentlich mit Wasserleitung versehene Stadt kann der geregelten Entwässerung durch eine unterirdische Kanalisation nicht entbehren, da die Schmutzwässer so rasch als thunlich aus dem Bereich der Wohnungen entfernt werden müssen.

2. Die Kanäle sollen zur Aufnahme und sicheren Abführung der gesamten Abwässer, einschließlich der Klosettabgänge und des Regenwassers, geeignet sein, insoweit nicht die örtlichen Verhältnisse die besondere Ableitung des Regenwassers als zweckmäßig erscheinen lassen.

Die besondere Abführung der Klosettstoffe mittels unterirdischer Leitungen hat sich übrigens bisher keine wesentliche Bedeutung zu verschaffen gewußt; nur ein paar holländische Städte haben das System — in einer ihm von Liernur gegebenen Ausbildungsweise — angenommen; heute gilt aber dies System nicht mehr als Trennsystem, sondern als ein bloßes „Abfuhrsystem" und hat erstere Bezeichnung eingebüßt.

§ 13. Zwei Faktoren von einer in früheren Jahren nicht gekannten Mächtigkeit sind es insbesondere, die der Aufgabe der Städtereinigung seit etwa der Mitte des gegenwärtigen Jahrhunderts eine erheblich weiter gehende Aufmerksamkeit zugewendet und einen Umfang, einen Grad von Dringlichkeit verschafft haben, der das frühere regellose und dabei langsame Vorgehen nicht mehr duldet. Diese beiden Faktoren sind: die neuerliche rapide Entwickelung der Städte und die allgemeinere Einführung zentraler Wasserversorgungen. Bis zu einem gewissen Grade ist freilich der letztere Faktor eine bloße Folge des ersteren, während der erstere in der Mehrzahl der Fälle auf die Entwickelung der gewerblichen und industriellen Thätigkeit zurückkommt. Somit kann mit einigem Recht die neuerliche Konzentration und Entwickelung der gewerblichen Thätigkeit in den Städten als die allgemeine Ursache der neueren lebhaften Thätigkeit auf dem Gebiete des Städtereinigungswesens bezeichnet werden. Hand in Hand mit diesen Aenderungen, und dieselben wesentlich fördernd, ging das rasche Fortschreiten, welches in der Neuzeit die hygienische Wissenschaft gerade auf dem Gebiet des Städtereinigungswesens zu verzeichnen hat. Seit v. Pettenkofers um 1854 beginnenden Feststellungen über den Einfluß, den verunreinigter Boden auf die Häufigkeit von Cholera und Typhus ausübt, war die sichere wissenschaftliche Grundlage für die Erkenntnis der gesundheitlichen Bedeutung des Städtereinigungswesens und ein brauchbarer Maßstab für die Wertschätzung ihrer Maßregeln gegeben. Als wesentlich förderndes Moment ist der stattgefundenen Vermehrung des allgemeinen Wohlstandes der Nation, welche erhöhte Anforderungen an die Lebenshaltung, an Komfort und Reinlichkeit mit sich gebracht hat, Erwähnung zu thun.

Was die Aenderungen in der Städtebevölkerung betrifft, so vollzieht sich seit der Mitte des gegenwärtigen Jahrhunderts in Deutschland neben einem allgemein starken Anwachsen derselben auch eine in sozialer Hinsicht bedauerliche Verschiebung der Bevölkerung vom Lande in die Städte; letztere wachsen fast allgemein nicht nur aus sich selbst heraus, sondern auch auf Kosten des ersteren. In

den letzten 25 Jahren ist die Bevölkerungsziffer der deutschen Städte um rund 10000000 Köpfe gewachsen. Deutlicher sprechen die folgenden Zahlen. Deutschland zählte sogen. Großstädte mit mehr als 100000 Einwohnern:

1871 . . .	8	mit insgesamt	1978621	Einwohnern	
1880 . . .	14	„ „	3273149	„	Zunahme 61,42 %
1885 . . .	21	„ „	4899166	„	„ 49,68 %
1890 . . .	26	„ „	6302021	„	„ 28,65 %
1895 . . .	28	„ „	7292774	„	„ 15,72 %.

Um aus diesen Zahlen den Bevölkerungszuwachs der Städte selbst, d. h. denjenigen entnehmen zu können, welcher, ohne den Hinzutritt neuer Städte, mit bisher kleinerer Bevölkerungsziffer als 100000, in die Reihe, stattgefunden hat, sind die Einwohnerzahlen der neu hinzugetretenen Städte in Abrechnung zu bringen. Geschieht dies, so ergeben sich folgende Zunahmen:

bei den 8 Großstädten in dem Abschnitt	1871—80:	600000 = 30,32 %
„ „ 14 „ „ „ „	1880—85:	787000 = 24,04 %
„ „ 21 „ „ „ „	1885—90:	876000 = 17,88 %
„ „ 26 „ „ „ „	1890—95:	747000 = 11,85 %.

Zwar zeigt nach beiden Zahlenreihen der Bevölkerungszuwachs der Großstädte neuerdings eine beträchtliche Verlangsamung, als natürliche Folge einer mit dem Wachsen derselben zunehmenden Einengung aller wirtschaftlichen Verhältnisse; immerhin ist das Wachstum auch in der letzten fünfjährigen Periode noch ein recht beträchtliches.

Die folgenden Zahlen lassen erkennen, daß die starke Bevölkerungszunahme der deutschen Städte nicht auf die Großstädte beschränkt ist, sondern auch die übrigen Städte an derselben teilnehmen.

Es wurden im Jahre 1885 in Deutschland 47 Mittelstädte von 50000 bis 100000 Einwohnern gezählt. In diesen Städten vermehrte sich die Bevölkerung bis 1895 wie folgt:

in 3 Städten	bis 5 %
„ 5 „	um 5—10 %
„ 15 „	„ 10—15 %
„ 9 „	„ 15—20 %
„ 9 „	„ 20—25 %
„ 6 „	über 25 %.

Im Durchschnitt ging daher die jährliche Vermehrung in diesen Städten jedenfalls über $3^{1}/_{2}$ % hinaus und war damit rund das Vierfache der Bevölkerungszunahme, welche bei der Bevölkerung des ganzen Reiches seit 1865 durchschnittlich eingetreten ist, da diese Zunahme sich nur zwischen 0,58 und 1,14 % bewegte.

Im Jahre 1870 belief sich der Anteil der in den deutschen Städten (nebst Landgemeinden) von mehr als 2000 Einwohnern lebenden Bevölkerung an der Gesamtbevölkerung des Reiches auf 36,1 %. Bis zum Jahre 1885 war dieser Anteil auf 43,7 % gestiegen, und bis zur Gegenwart dürfte ein weiteres Steigen bis nahe an 50 % eingetreten sein; letzteres scheint für das Königreich Preußen bereits festgestellt.

Zu der mit der raschen Zunahme der Bevölkerungsdichte zunehmenden Bewohnungsdichte der Städte sei das Beispiel, welches Berlin bietet, angeführt. Hier entfielen:

	Bewohner auf 1 ha	Quadratmeter Grundfläche auf 1 Einwohner		Bewohner auf 1 ha	Quadratmeter Grundfläche auf 1 Einwohner
1850 . .	71	141	1885 . .	200	48
1860 . .	83	120	1890 . .	248	40
1870 . .	120	83	1895 . .	265	38
1880 . .	178	56			

Innerhalb einzelner Stadtbezirke aber wurden 1890 in Berlin von 108 bis 600 Bewohner pro Hektar, d. h. Grundflächen pro Kopf von 93 bis nur 17 qm abwärts ermittelt.

Entsprechend der Verminderung der auf den Kopf entfallenden Grundfläche ging eine Vermehrung der Bewohnerzahl pro Haus vor sich; denn es entfielen in Berlin auf 1 bebautes Grundstück:

1880: 60,6, 1885: 66,9 und 1890: 72,9 Bewohner.

Berlin wird an Bevölkerungsdichte z. B. noch von Hamburg übertroffen, wo schon im Jahre 1875 die auf 1 ha kommende Bewohnerzahl in den verschiedenen Stadtteilen zwischen 3 und 744 schwankte, während in kleineren Bezirken Bevölkerungszahlen von 700 bis über 1000 hinaus ermittelt wurden.

Folgende Zahlen geben über die Bewohnungsdichte der Häuser und deren Wechsel in deutschen und englischen Städten etwas nähere Auskunft. Es entfielen auf 1 Haus*) Bewohner:

	1880	1890
In den sämtlichen deutschen Großstädten mit mehr als 100 000 Einwohnern	7,1—44,9	7,6—52,6
Durchschnittlich	22,8	23,6
Durchschnittlich, mit Ausschluß von Berlin	19,5	19,9
	1881	1891
In 24 englischen Großstädten mit mehr als 100 000 Einwohnern	4,4—7,9	4,5—7,6
Durchschnittlich	6,3	6,1
Durchschnittlich, mit Ausschluß von London	5,4	5,2
	1880	1890
In den sämtlichen deutschen Mittelstädten mit 50 000 bis 100 000 Einwohnern	10,8—51,6	8,7—43,8
Durchschnittlich	19,2	18,5
	1881	1891
In 34 englischen Mittelstädten mit 50 000—10 0000 Einwohnern	4,6—11,2	4,3—10,7
Durchschnittlich	5,6	5,5
	1880	1890
Durchschnitt aller deutschen Städte	22,1	22,5
„ „ „ „ ohne Berlin	19,4	19,6
„ „ englischen „	6,2	6,0
„ „ „ „ ohne London	5,4	5,3

Neben den Wohnverhältnissen in den englischen Städten müssen nach den mitgeteilten Zahlen diejenigen in den deutschen Städten als recht ungünstige erscheinen, dies um so mehr, als in England die Sitte der Zunahme in der Zusammendrängung der Bevölkerung vorbeugt, während beim Fehlen dieses Korrektivs in Deutschland eine weitere Vermehrung der Bewohnungsdichte der Häuser vor sich geht.

Entsprechend sind die Städte, welche Assanirungswerke in Angriff nehmen, gezwungen, ihre Werke auf eine die heutige wesentlich übertreffende Bevölkerungsdichte zuzuschneiden, wenn sie sich nicht der bald hereinbrechenden Gefahr, nur etwas Unzulängliches zu schaffen, aussetzen wollen. Es ist daher bei der Planung von Kanalisationswerken neuerdings auch Regel geworden, mit Bevölke-

*) Der Begriff „Haus“ ist hier nicht als gleichbedeutend mit „Grundstück“ zu nehmen. Näheres zu den hier mitgeteilten Zahlen siehe in D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. Bd. 27 (1895).

rungsdichten zu rechnen, welche das Zwei- und Achtfache der heutigen sind. Dies beweisen folgende Zahlen, die bei Kanalisationsprojekten in einer Anzahl von Städten zu Grunde gelegt worden sind.

	Vorhandene	Für die Zukunft angenommene
	Bevölkerungszahl pro Hektar	
München	55—80	470—700
Danzig	180—360	480—530
Berlin	200—400	500—800
Karlsruhe	80	400
Köln	250	400
Chemnitz	250	500
Braunschweig	125	320
Düsseldorf	150—400	600—1000
Königsberg i. Pr. . . .	550	600
Mannheim	270	400
Wiesbaden	75	400
Mülhausen i. E.	100	500

§ 14. Mit der Bevölkerungsdichte einer Stadt und mit der räumlichen Ausdehnung, welche die Stadt annimmt, werden die Schwierigkeiten der Reinhaltung der Stadt fast in geometrischer Progression vermehrt, indem die Zunahme der Bevölkerungsdichte meist auch eine Ausdehnung der Grenzen des bebauten Gebiets zur Folge hat. Denn die Anhäufung großer Menschenmengen auf kleinem Raum bringt notwendig eine Steigerung der Bodenpreise und der Mieten hervor, durch welche, wenn sie einen gewissen Grad erreicht hat, einzelne Elemente vom Zentrum ab, dem sie zustrebten, an die Peripherie der Stadt zurückgedrängt werden. Mit der Zahl der Köpfe pro Flächeneinheit findet aber in gleichem Verhältnis eine Vermehrung der Abfallstoffe, sowohl derjenigen von fester, als der andern von flüssiger Form, statt, und mit der Ausdehnung der Grenzen der Stadt nehmen die Wegeslängen, über welche die Abfallstoffe fortzuschaffen sind, in dem Verhältnis von $\sqrt{\frac{F_n}{F_1}}$ zu. Es ist daher die durch beide in Rede befindlichen Faktoren bewirkte Vermehrung der Leistung allgemein durch:

$$\frac{B_n}{B_1}\sqrt{\frac{F_n}{F_1}}$$

ausdrückbar, wenn B_1 und F_1, bezw. B_n und F_n zusammengehörige Bevölkerungszahlen pro Flächeneinheit und Ausdehnungen des Stadtgebietes bezeichnen. Doch versinnlicht dieser Ausdruck noch nicht die ganze Vermehrung der Leistung, welche stattfindet, insofern als bei demselben diejenige Vermehrung unberücksichtigt geblieben ist, welche dadurch entsteht, daß mit der Ausdehnung des Bebauungsgebietes notwendig eine Vermehrung der Verkehrsmittel verbunden ist. Wenn der Verkehr nur durch gewöhnliches Fuhrwerk bewältigt wird, kann die erforderliche Vermehrung der Mittel zu seiner Bewältigung sowohl dem Zuwachs der Bevölkerung, als der vermehrten Wegeslänge proportional angenommen werden; es ist in diesem Falle die ganze Vermehrung der Leistung, welche eintritt, ausdrückbar durch:

$$V = n\,\frac{B_n}{B_1}\sqrt{\frac{F_n}{F_1}},$$

wenn n eine Zahl $>$ 1 ist.

§ 15. Was den Einfluß betrifft, den die Einführung zentraler Wasserversorgung an Stelle der Einzelversorgung ausübt, so ist bei dessen Klarlegung von der überall gemachten Erfahrung auszugehen, daß der Wasserverbrauch in den Häusern steigt und fällt, je nachdem das Wasser bequem oder schwierig erlangbar ist, geringe oder hohe Kosten für seine Herbeischaffung aufzuwenden sind. Da die Bequemlichkeit des Bezuges am größten ist und in der Regel auch die Kosten für den Einzelnen am geringsten sein werden, wenn das Wasser in der Wohnung unmittelbar entnommen werden kann, hat die Einführung zentraler Wasserversorgung mit Einleitung des Wassers in alle Geschosse eines Hauses ganz regelmäßig eine bedeutende Steigerung des Wasserverbrauchs zur Folge.

Sieht man von besonderen Vermehrungen, die der Wasserbedarf einer Stadt durch Aenderungen in der gewerblichen und industriellen Thätigkeit erfährt, und von sonstigen besonderen Umständen, die auf den Gegenstand Einfluß nehmen können, ab, berücksichtigt also nur den gewöhnlichen Hausverbrauch an Wasser, so hängt der Zeitpunkt, zu welchem eine Stadt zur Einführung zentraler Wasserversorgung überzugehen genötigt ist, nicht von der räumlichen Ausdehnung der Stadt, sondern fast ausschließlich von der Bevölkerungsdichte, die in derselben herrscht, ab. Denn je geringer letztere, um so größer ist die auf den Kopf der Bevölkerung treffende Grundfläche, und damit auch die Menge des Tagwassers bezw. Grundwassers, welche pro Kopf der Bevölkerung zur Verfügung steht. Und das Wasser ist dabei nicht nur in größerer Menge vorhanden, sondern wird gewöhnlich auch von einer der Gesundheit zuträglichen Beschaffenheit sein, da bei lockerer Bebauung die Gefahr der Verunreinigung des Brunnenwassers mit Abfallstoffen im allgemeinen nicht leicht zu fürchten ist, weil die auf die Flächeneinheit kommende Menge der häuslichen Abfallstoffe, wie auch die durch den Verkehr erzeugte Menge des Straßenschmutzes gering ist. Je näher aber die Stadtbewohner zusammenrücken, um so mehr ändert sich der Zustand in beiden Beziehungen zum Schlimmen, bis früher oder später der entweder die Menge des von den Brunnen gelieferten Wassers zu gering, oder die Beschaffenheit desselben zu mangelhaft wird, oder beides zugleich stattfindet.

Danach ist es möglich, daß selbst größere Städte, wenn sie locker bebaut sind, lange mit der gewöhnlichen Brunnenversorgung ausreichen, während vielleicht kleinere Orte mit dichter Bebauung früh gezwungen sein werden, zur Einrichtung zentraler Versorgung überzugehen.

Indem nun seit Mitte des gegenwärtigen Jahrhunderts die meisten deutschen Städte eine mehr oder weniger große Zunahme der Bevölkerungsdichte zu verzeichnen haben, und entsprechend, an die Stelle des Ein- und Zweifamilienhauses, größere, namentlich hohe, vielgeschossige Miethäuser getreten sind, welche für eine Mehrzahl von Familien*) Raum gewähren, hat sich seitdem für eine große Zahl derselben die Notwendigkeit ergeben, zentrale Wasserversorgung einzurichten. In

*) Es kamen Haushaltungen auf 1 Haus:

	in den deutschen Städten 1880	1890	in englischen Städten 1891
In Großstädten mit mehr als 100000 Einwohnern, ohne Berlin bezw. London, durchschnittlich	4,2	4,4	1,31
Grenzen	1,9—7,7	2,2—8,2	1,004—1,5
In Mittelstädten von 50000—100000 Einwohnern durchschnittlich	4,1	4,0	1,13
Grenzen	2,2—10,1	2,0—8,8	1,004—2,4
In Berlin, bezw. London	10,3	12,3	1,7

Näheres siehe in der D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege, Bd. 27 (1895).

den 70er Jahren erreichte diese Bewegung ihren Höhepunkt, seitdem ist ein etwas verlangsamtes Tempo eingetreten, wie die folgenden Zahlenangaben erweisen.

Es wurden zentrale Wasserversorgungsanlagen in deutschen Städten von mehr als 5000 Einwohnern eröffnet:

1850—59,	in 10	Jahren	etwa	10	Werke;
1860—64,	„ 5	„	„	9	„
1865—69,	„ 5	„	„	35	„
1870—74,	„ 5	„	„	49	„
1875—79,	„ 5	„	„	52	„
1880—84,	„ 5	„	„	28	„

Da die Vermehrung des Wasserverbrauchs eine gleich große Vermehrung der flüssigen Abfallstoffe mit sich bringt und für die Beseitigung gerade dieser Stoffe gewöhnlich ein andres zweckentsprechendes Mittel als unterirdische Ableitung nicht zur Verfügung ist, so sehen wir in rascher Folge nach Eröffnung der Wasserwerksanlagen auch eine Reihe von Stadtkanalisationen entstehen, die sich zum Teil als Umbauten oder Erweiterungsbauten schon bestehender Werke, teils als Neuanlagen darstellen; in den meisten Fällen handelt es sich aber um Fortführung von aus früherer Zeit bestehenden Anfängen auf veränderter Grundlage.

Soweit nähere Nachrichten vorliegen, lassen sich folgende Zahlen zusammentragen, bei denen die Jahreszahlen in der Regel den Anfang der Ausführung bezeichnen. Es wurden begonnen in dem Zeitraum vor und in:

1870 etwa	20	Kanalisationsanlagen
1870—74 inkl.	10	„
1875—79 „	14	„
1880—84 „	7	„

Was einige der bemerkenswerten größeren Anlagen betrifft, so seien darüber folgende Angaben hinzugefügt:

Frankfurt a. M. und Stettin: Beginn der Arbeiten gegen Ende der 60er Jahre.	
Danzig: Ausführung	1869—71
Berlin: Beginn der Arbeiten	1873
Vollendung bis 1896 sehr nahezu erreicht.	
Karlsruhe: Ausführung	1877—86
Düsseldorf: Ausführung	1882—86
Breslau: Beginn der Arbeiten	1883
Dortmund: Beginn der Arbeiten	1882
München: Beginn der neueren Ausführungen um	1880

2. Kapitel.

Erfolge der Städtereinigung*).

§ 16. Die Erfolge der Städtereinigung gehören speziell dem Gebiete der Gesundheit der Stadtbevölkerung an. Wird nach solchen Erfolgen genauer gefragt, so können dazu nur die statistischen Aufzeichnungen über Mortalität und Morbidität zahlenmäßige Auskunft geben.

*) Vergl. die neueste litterarische Erscheinung: Krebs, Hochwasser-, Grundwasserstand und Gesundheitsverhältnisse in europäischen Großstädten. Frankfurt a. M. 1896, deren Verfasser sich bemüht, die allgemeine Sterblichkeit sowie die Typhussterblichkeit lediglich auf die Höhenlage des Grundwassers in verunreinigtem Boden zurückzuführen.

Wegen Unvollkommenheit der Morbiditätsstatistik scheidet aber die letztere aus und verbleiben daher nur die Sterblichkeitszahlen. Aber auch letztere geben keine ganz genaue Auskunft, besonders aus dem Grunde nicht, daß es unmöglich ist, aus dem in den Sterblichkeitszahlen vorliegenden Gesamtergebnis einer ganzen Anzahl von Faktoren die Wirkungsgröße, mit welcher ein einzelner Faktor daran beteiligt ist, auch nur annähernd genau auszusondern. Als die wesentlichsten der Ursachen, aus welchen eine Minderung der Sterblichkeitsziffer hervorgeht, gelten die Trinkwasserversorgung und die Kanalisation; daneben sind in mehr oder minder hohem Maße die Nahrungsmittelkontrolle, Badeeinrichtungen, Besserung der Wohnungsverhältnisse, allgemeiner Reinlichkeitszustand einer Stadt, Erhöhung der Wohlhabenheit und noch andre Ursachen beteiligt. Es hat nicht an Versuchen gefehlt, die Wirkungsgröße der einzelnen Faktoren aus dem Gesamtergebnis auszusondern; doch hält es sehr schwer, dabei selbst nur zu einiger Sicherheit des Ergebnisses vorzudringen. Sicher ist einzig, daß unter dem Einfluß hygienischer Maßregeln die Sterblichkeitsziffern überall mehr oder weniger gesunken sind, d. h. die durchschnittliche Lebensdauer sich vergrößert hat. Aber selbst nur das Maß der stattgefundenen Absenkung ist nicht immer mit völliger Genauigkeit zu ermitteln, weil die Dauer des Zeitraumes, aus welchem zuverlässige und vergleichbare Zahlen vorliegen, vielfach zu gering ist. Es können die Angaben für kurze Jahresreihen durch besondere Vorkommnisse, wie etwa Jahre mit hoher Kindersterblichkeit, oder mit Epidemien, bedeutend beeinflußt sein, während nach dem sogen. Gesetz der großen Zahl derartige Einflüsse in langen Jahresreihen zum Ausgleich gelangen. Es hat sich auch in der Zählweise der Medicinalstatistik erst in der neueren Zeit eine gewisse, früher fehlende Einheitlichkeit herausgebildet.

Es ist weiter daran zu denken, daß der ständige Fortschritt in der Erkenntnis und Heilung der Krankheiten die Sterblichkeitsziffern der jüngeren Jahre günstig beeinflußt haben wird, desgleichen etwaiger Zuzug, den die Städte von außerhalb empfangen haben. Dagegen werden Krankenhäuser und Kliniken, welche Material von außen aufnehmen, gewöhnlich einen ungünstigen Einfluß auf die allgemeine Sterbeziffer äußern und in gleicher — doch auch umgekehrter — Weise noch andre Institute, die eine Vielzahl von außerhalb gekommener Bewohner aufnehmen, wirken können. Es enthält danach die Vergleichbarkeit von Sterblichkeitszahlen notwendig die Voraussetzung eines gewissen Zustandes der Gleichmäßigkeit in den bestimmenden Verhältnissen, und es muß diese, wenn man sichere Schlüsse aus derselben gewinnen will, sowohl mit Bezug auf Ort, als auch auf Zeit vorhanden sein.

Die in folgendem als Beispiele zur Mitteilung kommenden betreffenden Zahlen sind durchaus unter den hier berührten Bevorwortungen aufzunehmen. Die Zahlen lassen aber zum Teil den Einfluß, welchen der eine oder der andre der oben berührten Faktoren ausgeübt hat, klar hervortreten.

Es scheint noch eine andere Vorbemerkung zu diesen Zahlen notwendig zu sein. Bei Untersuchungen vorliegender Art sieht man, daß von den Autoren gewöhnlich so verfahren wird, daß sie denjenigen Zeitpunkt, zu welchem der Bau einer zentralen Wasserversorgung oder eines Kanalisationswerkes begonnen ward, als den Anfang einer Periode auffassen, von welchem ab die Besserung in den Sterbeziffern zu rechnen sei. Dies Verfahren ist, soweit es größere Städte betrifft, immer unrichtig, und kann bei kleineren Städten unrichtig sein, wenn hier die betreffenden Arbeiten sich über einen längeren Zeitraum erstrecken. Denn unmöglich darf schon während der Bauperiode, während welcher ein unfertiger Zustand vorliegt, der vereinzelt geradezu schädlich wirken kann, ein wohlthätiger Einfluß der betreffenden Werke erwartet werden. Aber was noch mehr zu beachten bleibt, und das be-

mängelte Verfahren in noch viel ungünstigerem Lichte erscheinen läßt, ist der Umstand, daß selbst mit der — äußeren — baulichen Fertigstellung eines Wasser- oder Kanalisationswerks erst die eine und zwar geringere Hälfte der ganzen Leistung ausgeführt ist. Letztere kann vielmehr erst von dem Tage an als vollendet betrachtet werden, bis zu welchem auch die sämtlichen Grundstücksanschlüsse — oder doch der überwiegende Teil derselben — vollzogen sind. Darüber werden erfahrungsmäßig noch einige Jahre — in Großstädten sogar Jahresreihen — vergehen, und erst von diesem späteren Zeitpunkte ab kann berechtigterweise die volle Wirksamkeit der Werke, was ihre gesundheitlichen Leistungen betrifft, erwartet werden.

Daher wird man bei allen betreffenden Vergleichen einen Werde- oder Uebergangszustand zu berücksichtigen haben, der freilich seiner zeitlichen Erstreckung nach nicht immer einigermaßen sicher festgelegt werden kann. Soweit es dem Verfasser möglich gewesen ist, hat er in den folgenden Untersuchungen den Uebergangszustand nach seiner Erstreckung und seinen Wirkungen einigermaßen sicher zu umgrenzen gesucht; die Einsicht in die ermittelten Zahlen und ihre Beurteilung hat dadurch bei einigen Städten beträchtlich gewonnen.

In Berlin stellte sich die Sterblichkeitsziffer, auf 1000 Lebende bezogen, seit einer langen Reihe von Jahren wie folgt:

I.	
1840	28,04
1841	25,28
1842	25,96
1843	24,30
1844	24,19
1845	23,09
1846	23,89
1847	23,97
1848	29,28
1849	34,26
1850	26,89
1851	24,70
1852	27,04
1853	29,25
1854	25,60
1855	29,99
Im Durchschnitt von 16 Jahren	26,60

II.	
1856	26,30
1857	30,16
1858	28,03
1859	27,78
1860	24,34
1861	28,18
1862	26,94
1863	30,21
1864	30,99
1865	33,80
1866	41,62
1867	28,96
Im Durchschnitt von 12 Jahren	29,78

III.	
1868	34,69
1869	26,48
1870	30,24
1871	37,24
1872	30,82
1873	29,34
1874	29,39
1875	32,29
Im Durchschnitt von 8 Jahren	31,31

IV.	
1876	29,32
1877	29,66
1878	29,47
1879	27,62
1880	29,25
1881	27,27
Im Durchschnitt von 6 Jahren	28,77

V.	
1882	25,92
1883	28,92
1884	26,33
1885	24,38
1886	25,65
Im Durchschnitt von 5 Jahren	26,24

VI.	
1887	21,88
1888	20,35
1889	19,76
1890	21,19
1891	20,70
Im Durchschnitt von 5 Jahren	20,77.

Die Zahlen der Gruppe I betreffen den 16jährigen Zeitraum, welcher der Einführung der zentralen Wasserversorgung voraus ging und ebensowohl der Anlage der Kanalisation. Obwohl in den Jahren 1848—50, 1852—55 während 6 Jahren die Cholera auftrat, liegt der Durchschnitt aus den 16jährigen Sterbezahlen relativ niedrig.

Die Zahlen der Gruppe II umfassen den 12jährigen Zeitraum 1856—67, während dessen der Anschluß der Grundstücke der Stadt an die im Frühjahr 1856 in Betrieb gesetzte Wasserversorgung in langsamem Fortgange sich vollzog; doch konnte derselbe mit 1862 als vollendet angesehen werden. Nicht nur der Durchschnitt der Sterblichkeitsziffer liegt hoch, sondern es sind auch die Ziffern

aller einzelnen Jahre hoch und es ist eine Aenderung zum Besseren von 1862 ab nicht zu erkennen. Das 4malige Auftreten der Cholera (in 1855, 1857, 1859 und 1866) hat auf dieselben — abgesehen vom Jahre 1866 — einen besonders hervortretenden Einfluß nicht geübt; auch ein Einfluß der Wasserleitung ist nicht erkennbar.

Auch fast alle Zahlen der Gruppe III für den 8jährigen Zeitraum 1868—75 liegen sehr hoch, obwohl während dieser ganzen Zeit die bestehende zentrale Wasserversorgung doch wahrscheinlich einen günstigen Einfluß geübt haben wird, und obwohl nur in einem einzigen Jahre der Reihe (1871) eine Pockenepidemie, welche stattgefunden, die Sterbeziffer ungünstig beeinflußt hat. Als eines günstig wirkenden Vorganges ist der Eröffnung des (älteren) Schlachthofes im Jahre 1870 (der erst eine gewisse Kontrolle über die Beschaffenheit eines der wichtigsten Nahrungsmittel ermöglichte) Erwähnung zu thun. Es kann danach die auffallende Höhe der Sterbeziffer nur durch die Annahme des Wirkens von nicht bekannten Ursachen erklärt werden, deren ungünstiger Einfluß durch den günstigen der genannten Umstände nicht hat ausgeglichen werden können.

Mit dem Beginn der in Gruppe IV verzeichneten günstigeren Sterbeziffern fällt der Beginn der Grundstücksanschlüsse an die Kanalisation (deren Bau im August 1873 begonnen hat) zusammen; nur einige wenige Grundstücksanschlüsse (57) gehören schon dem Jahre 1875 an. Bis Ende der Periode waren 9867 Grundstücksanschlüsse, d. h. rund die Hälfte der bebauten Grundstücke, angeschlossen. Der Erfolg der Kanalisation ist bei dem allmählichen Werdezustande derselben noch gering, doch in dem Abfall der Sterbeziffer immerhin merkbar. Doch muß hierbei auch an eine Mitwirkung der 1877 eröffneten neuen Wasserwerke am Tegeler See gedacht werden.

Auch die der Gruppe V angehörenden 5 Jahre 1882—86 können zu einem guten Teil noch als dem Werdezustand der Kanalisation angehörig bezeichnet werden, da am Schluß derselben die Anlagen erst bis wenig über den Umkreis der inneren Stadt hinaus fertig gestellt waren. Die Zahl der Hausanschlüsse steigt bis auf 17395, d. h. etwa 80 % der Gesamtzahl der damaligen bebauten Grundstücke. Die Reihe der Sterbeziffern zeigt nun ein nicht unbeträchtliches Absinken. Die sehr günstige Wendung aber allein auf das Konto der Kanalisation zu setzen, scheint unzulässig, weil an dem Anfang derselben (März 1881) die Eröffnung des neuen städtischen Schlacht- und Viehhofes — mit dem gleichzeitigen Verbot des Betriebes von einzelnen Schlachtstätten in der Stadt — erfolgt ist.

Bis inkl. 1891 — fünfjährige Gruppe VI — ist die Kanalisation samt den Hausanschlüssen, abgesehen von unbedeutenden Teilen am Umfange der Stadt, auf das ganze Gebiet derselben ausgedehnt, die Zahl der Grundstücksanschlüsse auf 21332 rund 96 % aller bebauten Grundstücke gestiegen. Entsprechend zeigt sich ein beträchtlicher Abfall der Sterbeziffer, mehr als 5 pro 1000, der, wie hinzugefügt werden mag, auch bis zur Gegenwart — Ende 1895 — andauert. Für diese letzte und teilweise auch die vorhergehende Periode kommen indessen auch weitere sanitäre Verbesserungen in Betracht, wie z. B. die planmäßige Ausstattung des ganzen Stadtgebiets mit Markthallen, deren erste gegen Ende des Jahres 1884 eröffnet worden ist; ferner Verschärfung der Nahrungsmittelkontrolle, Vermehrung der Krankenhäuser, verbesserte Einrichtungen zu Krankentransport und -Pflege.

Man wird nach dem Verlauf, den die Sterbeziffer in Berlin genommen, nicht anstehen können, einen beträchtlichen Teil der Besserung auf das Konto des Kanalisationswerks zu setzen, jedoch nicht die ganze Aenderung, da außer den bereits genannten Verbesserungen in die beiden letzten Perioden Vorgänge fallen, die mehr oder weniger erheblich mitgewirkt haben. Es ist dabei besonders an die sehr bedeutenden Verbesserungen in der Straßenpflege, die sich in der Schaffung eines

vorzüglichen Straßenpflasters und in der musterhaften Reinigung der städtischen Straßen ausspricht, gedacht.

Eine ähnliche Untersuchung wie die vorstehende ist von Soyka mit Bezug auf München angestellt worden*). Soyka scheidet dabei die Stadt in 4 Bezirke:

Bezirk 1 mit Hochlage und Kanalisation aus neuerer Zeit;
„ 2 mit Tieflage und Kanalisation aus neuerer Zeit;
„ 3 mit unausgesprochener Höhenlage und mit Kanalisation aus älterer Zeit;
„ 4 mit unausgesprochener Höhenlage und ohne Kanalisation.

Der Vergleich ist auf den nur sechsjährigen Zeitraum 1875—80 beschränkt, doch in zweifacher Weise durchgeführt: einmal mit Hinzuziehung der in Heil- und Pflegeanstalten vorgekommenen Sterbefälle und alsdann mit Aussonderung dieser Fälle. Die Ergebnisse sind folgende:

	Bevölkerungszahlen	Sterbeziffern, bezogen auf 1000 Lebende und 1 Jahr	
		allgemein	nach Aussonderung der in Heil- und Pflegeanstalten Verstorbenen
Bezirk 1	53 329	27,31	27,29
Bezirk 2	10 546	29,52	27,87
Bezirk 3	52 042	36,85	34,14
Bezirk 4	90 606	41,32	39,57

Auch diese Zahlen ergeben einen wesentlichen Einfluß der Kanalisation auf die Sterbeziffer. Der Beweis würde aber durch Erstreckung auf einen längeren Zeitraum gewinnen. Das Ergebnis nimmt jedoch dadurch an Sicherheit zu, daß es mit dem Ergebnis einer weiteren von Soyka angestellten Untersuchung koinzidiert, die sich auf die Verminderung der Typhusfrequenz in München bezieht, welche erst weiterhin zur Sprache kommt.

In Danzig, welches 1871 mit zentraler Wasserversorgung, 1869—71 mit Kanalisation versehen wurde, betrug für den Zeitraum von 1863—71 die Sterbeziffer durchschnittlich 37, dagegen für die folgende Periode 1873—87 nur 28,6, mit den Grenzwerten 25,3 und 31,6.

§ 17. Tritt in der Minderung der allgemeinen Sterblichkeitsziffer das Bild von der Wirkung der Städtereinigung gewissermaßen verschleiert zu Tage, so glaubt man allgemein dasselbe unverschleiert und klar in der Verminderung der Sterbefälle an Typhus abdominalis (Nervenfieber) erkennen zu können. Wegen des vielfach beobachteten unmittelbaren Zusammenhanges dieser Infektionskrankheit mit Verunreinigungen von Luft, Boden und Wasser wird derselbe sehr allgemein als Maßstab für die Beurteilung des Wertes von Maßregeln des Städtereinigungswesens angesehen. In der That weist die auffällige Abnahme der Sterbefälle an Typhus seit der Zeit, wo die Thätigkeit auf dem Gebiete der Städtereinigung energisch einsetzt, auf einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen den beiden Thatsachen hin.

In München, das sich früher durch eine besonders hohe Typhussterblichkeit auszeichnete, ist dieselbe von 1858 bis zur Jetztzeit auf etwa $^1/_{33}$ gesunken, und ähnliche, wenn auch weniger erhebliche Minderungen wurden in einer Reihe andrer Großstädte beobachtet. Die Thatsache übrigens, daß seit vielen Jahren

*) Soyka, Untersuchungen zur Kanalisation. München 1885.

fast überall und nicht nur in Orten, welche „assaniert" worden sind, eine Minderung der Typhussterblichkeit beobachtet wird, legt den Gedanken nahe, daß dabei allgemein wirkende, bisher nicht ermittelte Umständen im Spiel sein könnten, und es vielleicht nicht gerechtfertigt ist, die stattgefundene Besserung im ganzen Betrage auf das Konto der Assanierung zu setzen. Es ist auch daran zu denken, daß die neueren Verbesserungen der Heilmethode an der Minderung der Typhussterblichkeit beteiligt sind. Andrerseits sind aber in der meist eingetretenen Beengung der Wohnverhältnisse begünstigende Umstände für die Typhushäufigkeit geschaffen worden.

Besonders eingehende Arbeiten zur vorliegenden Frage werden Baron, Soyka, Hüppe und Weyl verdankt*).

Baron hat die Frage für eine große Zahl von deutschen Städten in der Weise zu lösen gesucht, daß er den Einfluß der Einführung zentraler Wasserversorgung von dem Einflusse der Kanalisation — wo beide gemeinsam vorkommen — sonderte, selbstverständlich aber auch Städte, welche entweder nur Wasserleitung oder nur Kanalisation besitzen, der Untersuchung unterwarf. Verglichen werden die aus zwei, je neunjährigen Zeiträumen, welche vor und bezw. nach 1877 fallen, gewonnenen Zahlen. Die Schlußergebnisse, zu denen Baron gelangt, sind folgende:

In 22 in Betracht gezogenen Städten steht die beobachtete Abnahme der Typhussterblichkeit außer Zusammenhang mit der Einführung zentraler Wasserversorgung. Dagegen ist ein Einfluß der Kanalisation unverkennbar, indem:

a) die höchsten Typhussterblichkeitszahlen den Städten ohne Kanalisation zugehören;
b) an den mittelgroßen Zahlen die nicht kanalisierten Städte mehr beteiligt sind, als die kanalisierten;
c) bei den niedrigsten Zahlen die kanalisierten Städte weitaus am meisten beteiligt sind.

Nachstehend folgt für eine Reihe von Städten eine Zusammenstellung der Typhus-Sterblichkeitszahlen, welche in den Zusammenhang der Thatsachen einen näheren Einblick gewähren.

Die Typhussterblichkeit, auf 1000 Lebende berechnet, betrug in fünfjährigen Mitteln:

	Wiesbaden	Frankfurt a. M.	Berlin	München	Danzig	Altona
1841—45	1,91	—	—	—	—	—
1846—50	2,08	—	—	—	—	—
1851—55	1,58	0,842	—	2,50	—	—
1856—60	0,84	0,874	1,074	2,30	—	—
1861—65	0,61	0,500	1,001	1,84	0,940 (für 63—65)	—
1866—70	0,90	0,579	0,870	1,18	0,974	0,990 (für 69—70)
1871—75	0,48	0,673	0,992	1,51	0,610	0,804
1876—80	0,28	0,136	0,458	0,70	0,162	0,288
1881—85	0,21	0,080	0,225	0,37	0,038 (für 81—83)	0,246
1886—90	—	0,047 (für 91—94)	0,125	0,20 (für 86—87)	—	0,545 (für 86—87)

*) Baron, Der Einfluß von Wasserleitungen und Tiefkanalisation auf die Typhuserregung in deutschen Städten, im Centralbl. f. allgem. Gesundheitspflege, 1886. — Soyka, Untersuchungen zur Kanalisation. München 1855. — Hüppe, Ueber Typhus und Kanalisation im Journal f. Gasbel. u. Wasserversorgung. 1887. — Weyl, Die Einwirkung hygienischer Werke auf die Gesundheit der Städte. Jena 1893.

W i e s b a d e n hatte seit 1867 eine allerdings unvollkommene, in der zweiten Hälfte der 80er Jahre umgebaute Kanalisation und seit 1870 zentrale Wasserversorgung.

F r a n k f u r t a. M. desgleichen zentrale Wasserversorgung seit 1872, und etwa gleichzeitig Kanalisation. Die Anschlüsse der Grundstücke an die letztere beginnen 1869, an erstere 1873. Da bis 1880 erst 80 % aller Grundstücke an die Kanalisation und 70 % an die Wasserleitung angeschlossen waren, so ist der Zeitraum von 1870—80 noch als Werdeperiode beider Anlagen aufzufassen, in welchem dieselben ihre volle Wirksamkeit noch nicht entfalten konnten. Letzteres gilt aber nicht mehr von der Periode 1880—90, indem bis 1890 für 90 % aller Grundstücke der Anschluß an die Kanalisation, und für 95 % der Anschluß an die Wasserleitung ausgeführt war. Die Zahlen, welche die Tabelle enthält, stehen mit diesem Wechsel der Verhältnisse in einem bemerkenswerten Einklang.

Bezüglich B e r l i n s ist auf die S. 31 ff. gemachten Angaben über das Fortschreiten in der Zahl der Grundstücksanschlüsse an die Kanalisation zu verweisen. Auch hier besteht zwischen diesen Zahlen und der Typhussterblichkeit ein unverkennbarer naher Zusammenhang.

M ü n c h e n ward bereits in den 60er Jahren zu einem Teile kanalisiert (Ludwigs- und Max-Vorstadt); auf den übrigen (größeren) Teil der Stadt ist die Kanalisation erst später als 1880 nach und nach erstreckt worden. Der Zusammenhang in den Vorgängen tritt in den oben mitgeteilten Zahlen genau hervor, doch bei der Kompliziertheit, welche vorliegt, nicht so klar erkennbar wie bei den übrigen Städten. Eine eingehendere Untersuchung besitzen wir von S o y k a *), welche sich auf den Zeitraum 1866—80 bezieht. Indem Soyka sowohl die a l l g e m e i n e Sterblichkeitsziffer für den Typhus als die Sterblichkeitsziffer nach Ausscheidung der Heil- und Pflegeanstalten ermittelte, daneben den in Untersuchung gezogenen Stadtteil in vier Bezirke sonderte, welche wesentliche Unterschiede in den bestimmenden Verhältnissen aufwiesen, gelangte er zu folgenden Schlußzahlen:

	Typhussterbeziffer, bezogen auf 1000 Lebende und 1 Jahr			
	allgemein		Nach Ausscheidung der Heil- und Pflegeanstalten	
	1866—80	1875—80	1866—80	1875—80
1. B e z i r k: mit Hochlage und Kanalisation aus neuerer Zeit	0,776	0,545	0,780	0,550
2. B e z i r k: mit Tieflage und Kanalisation aus neuerer Zeit	1,405	0,837	1,410	0,815
3. B e z i r k: ohne ausgesprochene Höhenlage mit Kanälen aus alter Zeit .	1,160	0,960	1,170	0,970
4. B e z i r k: ohne ausgesprochene Höhenlage und ohne Kanäle	0,966	0,695	0,920	0,650

Die Zahlen erweisen d u r c h g e h e n d s eine beträchtliche Abnahme der Typhussterblichkeit, die größte im 2. Bezirk, die geringste im 3. Bezirk . Auch im 4. Bezirk, der ohne Kanalisation war, ist eine bedeutende Abnahme wahrnehmbar. Ob es zulässig ist, aus diesen Ergebnissen einen Schluß in der Richtung zu ziehen, daß bei der Typhushäufigkeit die Höhenlage des Gebiets einen b e s o n d e r e n Ein-

*) S o y k a, Untersuchungen zur Kanalisation. München 1886.

fluß übt, sowie den ferneren, daß die Typhussterblichkeit, auch unabhängig von der Kanalisation, in neuerer Zeit eine beträchtliche Herabminderung erleidet, scheint bei der Kürze des zu zweit in Betracht gezogenen, nur sechsjährigen Zeitraumes wohl etwas gewagt.

Mit Bezug auf Danzig (vergl. umstehende Tabelle) liegen die Verhältnisse völlig klar. Die Stadt hat in den Jahren 1869—71 sowohl zentrale Wasserversorgung als Kanalisation erhalten und beide Einrichtungen sind in sehr kurzer Zeit auf den ganzen Umfang der Stadt ausgedehnt worden; danach macht sich auch hier eine Werdeperiode, die von 1871—75 und noch etwas darüber hinausreicht, deutlich erkennbar, und beginnen erst von da an die neuen Einrichtungen ihre Wirksamkeit im vollen Umfange zu üben.

Bei Altona verteilte sich die allgemeine Einführung der zentralen Wasserversorgung auf den langen Zeitraum von 1859—72, und die völlige Durchführung der Kanalisation auf den noch längeren Zeitabschnitt von 1856—89. Entsprechend weisen die mitgeteilten Typhus-Sterblichkeitszahlen auch nur eine langsam fortschreitende Abnahme auf.

Bis zu gewissem Grade parallel mit den Danziger Verhältnissen laufen diejenigen für Hamburg, welches in den Jahren 1843—48 (beim Wiederaufbau nach dem grossen Brande von 1842) zu einem wesentlichen Teile kanalisiert wurde und im Jahre 1849 zentrale Wasserversorgung erhielt (die freilich zunächst nicht zur Trinkwasserentnahme benutzt worden ist). Im Jahre 1853 ist die Kanalisation auf das ganze damalige Stadtgebiet ausgedehnt worden, und 1871—75 eine wesentliche Umänderung der bestehenden, verbunden mit einer Einbeziehung des an der Peripherie der Stadt inzwischen neu entstandenen Stadtteils, erfolgt. Es haben sich in den Zeitabschnitten 1838—85 folgende, auf einen je achtjährigen Zeitabschnitt berechnete Typhus-Sterblichkeitsziffern ergeben:

1838—45	4,83 %	der Anzahl aller Sterbefälle.
1846—53	3,81 „	„ „ „ „
1854—61	2,99 „	„ „ „ „
1862—69	2,20 „	„ „ „ „
1870—77	1,80 „	„ „ „ „
1878—85	1,17 „	„ „ „ „

In Wien, das schon früh mit Kanalisation ausgestattet ist, welche, der Entwickelung der Stadt entsprechend, weiter ausgedehnt worden ist, hat im Jahre 1873 die Einführung der sogen. Hochquellenleitung stattgefunden; doch hatte schon vorher die Stadt mehrere zentrale Anlagen besessen, deren Wirkungsgebiet sich aber nur auf einzelne mehr oder weniger große Teile vom Stadtgebiet erstreckte. Nach Menge und Beschaffenheit waren die Leistungen dieser älteren Werke ungenügend. Die Typhussterblichkeit Wiens zeigte nun folgende Bewegung:

1851	902	Sterbefälle (in einem Jahr)	1875	502	Sterbefälle (in einem Jahr)
1861	714	„ „ „ „	1880	152	„ „ „ „
1871	1149	„ „ „ „	1884	95	„ „ „ „

Wenn nach S. 34 sich für Baron bei den von ihm in Betracht gezogenen Städten ein Einfluß der Wasserversorgung auf die Typhussterblichkeit nicht ergeben hat, so liegt bei Wien ein Fall vor, bei dem der Einfluß einer Verbesserung der Wasserversorgung besonders markant in die Erscheinung tritt, da man bei der Schlußzahl von 95 Typhussterbefällen im Jahre 1884 die Bevölkerungszunahme, welche in dem Zeitraum 1871—84 stattgefunden hat, nicht außer acht zu lassen hat.

24 englische Städte, mit einer Gesamtbevölkerungszahl von fast 600 000 Köpfen, hatten in der, der Einführung der Kanalisation vorausgehenden Periode 1843—54

die Typhussterbeziffern von 1,32, dagegen in der Periode 1855—65, welche der Einführung der Kanalisation folgte, die Ziffer 0,80 (beides für je 1000 Lebende).

Einen Beweis negativer Art für das Abhängigkeitsverhältnis zwischen Typhussterblichkeit und Städteassanierung können vielleicht die statistischen Aufzeichnungen liefern, die in den Städten Italiens während der zehnjährigen Periode 1881—91 gewonnen worden sind. Für die 284 Städte Italiens stellte sich die auf 1000 Lebende berechnete Typhussterbeziffer 1881—85 auf 0,97, und 1886—91 auf 0,81, blieb also ziemlich unverändert. Wenn man aber die acht Großstädte: Rom, Neapel, Mailand, Turin, Palermo, Florenz, Bologna, Catania, in welchen allen das Städteassanierungswesen in dem betrachteten Zeitraum Fortschritte gemacht hat, herausnimmt, so finden sich für diese folgende Zahlen:

1881—85 = 0,944 und 1886—91 = 0,649,
mit Grenzwerten 0,34 — 1,91 und bezw. 0,22 — 1,47.

In Neapel und Turin, wo die Verbesserungen am durchgreifendsten gewesen sind, betrugen die Typhussterbeziffern:

Turin 1881—85 : 0,682; 1886—91 : 0,358,
Neapel 1881—85 : 0,866; 1886—91 : 0,386.

§ 18. Die Herabminderung der Sterblichkeitsziffer eines Ortes bedeutet in zweifacher Hinsicht einen wirtschaftlichen Gewinn, teils des Ortes, teils seiner Bewohnerschaft. Der Ort macht Ersparungen an den Unterhaltungskosten von Krankenhäusern für Unbemittelte und an Armenpflegekosten infolge Verminderung der Krankheitshäufigkeiten, und seine Steuereinnahmen werden bei einer weniger von Krankheit heimgesuchten Bevölkerung bessere sein als bei der stärker heimgesuchten. Die Bewohnerschaft macht Ersparungen an Heil- und Pflegekosten und an Verminderung der Arbeitsunfähigkeit. Von dem Gesamtbetrage dieser Ersparungen läßt sich nur ein ganz ungefähres, und selbst im Einzelfalle nur ein angenähertes Bild gewinnen. Die Ersparung setzt sich zusammen aus den Mehrausgaben für Heil- und Pflegekosten und den Mindereinnahmen an Arbeitsverdienst während der durch Krankheit verursachten Dauer der Arbeitsunfähigkeit. Der erstgenannte Posten ist mit ziemlicher Genauigkeit leicht zu bestimmen; die genauere Bestimmung des zweiten bietet dagegen erhebliche Schwierigkeiten.

Statistische Feststellungen ergeben, daß zu je einem Sterbefall mindestens 30 Erkrankungsfälle gehören*) und jeder Krankheitsfall durchschnittlich 20 Tage währt; auf einen Sterbefall kommen daher durchschnittlich 30 × 20 = 600 Krankentage. Wird der Aufwand für Heilung, Pflege und Unterhalt zu dem sehr niedrigen Satze von nur 2,0 Mk. pro Tag angenommen, so verursacht jeder Sterbefall eine Ausgabe an Krankenkosten von 600 × 2,00 = 1200 Mk.

Legt man die Sätze zu Grunde, welche beim deutschen Krankenkassenwesen im Jahre 1891 sich herausgestellt haben, so ergeben sich 30 × 44,75 = 1342,5 Mk.

Um den durch einen Sterbefall entstandenen Verlust an Arbeitsverdienst annähernd genau zu ermitteln, würde man sowohl den Umfang, in welchem die verschiedenen Gesellschaftsklassen als die verschiedenen Altersperioden bei den Sterbeziffern eines Ortes beteiligt sind, in Betracht ziehen müssen. Für eine auf diese Unterschiede begründete einzig zutreffende Berechnungsweise sind die Unter-

*) v. Pettenkofer rechnet für München sogar mit 34 Krankentagen. — Im Jahre 1891 hatten die deutschen Krankenkassen 6,5 Millionen Mitglieder, unter denen 2 Millionen Krankheitsfälle vorkamen; jeder derselben erforderte durchschnittlich 17 Krankheitstage, und die Kassen hatten eine Ausgabe von 89,5 Millionen Mark, d. i. für den einzelnen Fall 44,75 Mk., worin allerdings die niedrig bemessene Entschädigung für entgangenen Arbeitsverdienst mit enthalten ist.

lagen erst von Engel*) geliefert worden. Engel teilt, um den wirtschaftlichen Wert eines Menschenlebens festzulegen, das Lebensalter in drei Abschnitte. Der erste Abschnitt umfaßt die Dauer, während welcher die Heranbildung sich vollzieht, die Fähigkeit zum Erwerb, zur Leistung von Arbeit erst erworben wird. Der zweite Abschnitt ist der, in welchem Arbeit geleistet wird, d. h. die vorher angesammelten und im Verlaufe der Leistung stets wieder zu erneuernden Kräfte in Arbeit umgesetzt werden. Der dritte Abschnitt ist der des Alters, in welchem der durch Arbeit abgenutzte Körper noch bis zum Tode erhalten wird, ohne noch Arbeit leisten zu können.

Der erste und dritte Altersabschnitt sind in Bezug auf Leistung und, entsprechend, an wirtschaftlichem Wert negativ. Den zweiten Abschnitt treffen dafür drei Aufgaben, und zwar: a) Wiedererstattung der in der Kindheitsperiode für Heranziehung und Ausbildung zur Arbeitsfähigkeit erwachsenen Kosten, b) Tragung der Kosten für die Erhaltung des Lebens und der Arbeitsfähigkeit während dieses Altersabschnittes selbst; c) Vorauserwerb der für den dritten Altersabschnitt noch erforderlichen Kosten der Lebenserhaltung.

Um daher den wirtschaftlichen Verlust, den ein Sterbefall verursacht, zahlenmäßig festzulegen, wird sowohl die Gesellschaftsklasse, als die Altersstufe, in die er fällt, betrachtet werden müssen, und es ist klar, daß hiernach sehr bedeutende Unterschiede sich ergeben, selbst wenn man nur durchschnittliche Zustände beider Art in die Untersuchung einbezieht. Die sogen. „Selbstkosten“, d. h. der wirtschaftliche Wert eines Menschen, sind um so höher, je größer die Dauer des ersten Lebensabschnittes und je höher der Aufwand für Erziehung und Heranbildung sich stellt, ferner je mehr Kosten die Erhaltung von Leben und Arbeitsfähigkeit im zweiten Lebensabschnitt, je höher die besonderen Gefahren für Gesundheit und Leben sind, die mit der Thätigkeit in diesem Abschnitt sich verknüpfen, und je größer etwaige Erwerbsstörungen durch äußere Ursachen sind, die in diesen Lebensabschnitt fallen. Ein Sterbefall während des ersten sowohl, als des dritten Lebensabschnittes ist in wirtschaftlicher Hinsicht vergleichsweise bedeutungslos; ein Sterbefall im dritten Lebensabschnitt sogar als ein wirtschaftlicher Gewinn in Rechnung zu stellen.

Nun sind an den Sterbeziffern die verschiedenen Altersklassen in sehr ungleicher Weise beteiligt, und der Anteil, der auf jede Altersklasse entfällt, weist auch in den verschiedenen Orten große Verschiedenheiten auf; die größten Verschiedenheiten treten in der Sterblichkeit der Kinder unter einem Jahre auf. Allgemein geltende Durchschnittszahlen sind daher kaum festzulegen.

Werden die drei Lebensabschnitte Engel'schen Sinnes etwa so gebildet, daß man als obere Grenzen des ersten das vollendete 20. und des zweiten das 55. Lebensjahr annimmt, so findet sich beispielsweise für Berlin, daß an der Gesamtsterblichkeit die drei Abschnitte etwa in folgendem Maße beteiligt sind:

der erste Abschnitt mit etwa 64 %,
„ zweite „ „ „ 11 %,
„ dritte „ „ „ 25 %.

Für die hier beabsichtigte Berechnung mag es bei den Zahlen das Bewenden behalten, zumal das einfache Verhältnis, welches unter denselben stattfindet, geeignet ist, den Umfang der Rechnung einzuschränken.

Nach den Berliner Zahlen befindet sich erst unter je vier Sterbefällen einer, der von größerer wirtschaftlicher Bedeutung ist, da die drei übrigen auf Angehörige der Vorbereitungs- und der Absterbestufe entfallen. Es erscheint nun

*) Engel, Preis der Arbeit und derselbe, Wert des Menschen.

als keine von der Wirklichkeit weit abliegende Annahme, daß der wirtschaftliche Verlust, der mit dem Absterben der dem Vorbereitungsalter angehörenden Personen durch den wirtschaftlichen Gewinn, welchen das Absterben der Angehörigen der Altersstufe bildet, gerade ausgeglichen werde. Jedenfalls lassen sich die Grenzen zwischen den drei Altersstufen unschwer so legen, dass diese Annahme erfüllt ist. Nehmen wir diesen Fall an, so ist damit die Ermittelung des wirtschaftlichen Verlustes, den ein allgemeiner Sterbefall verursacht, auf die Ermittelung des Verlustes, den ein Sterbefall in der mittleren Lebensstufe mit sich bringt, zurückgeführt.

Nun berechnet Engel (a. a. O.) den Mindestaufwand, welchen die Heranziehung eines gewöhnlichen Arbeiters bis zum Beginn des produktiven Altersabschnittes erfordert, auf die Summe von 3738 Mk., die als Durchschnitt sicher eher zu niedrig als zu hoch sein wird. Zur Tilgung dieser Summe und zur Vorsorge für den Altersabschnitt der Arbeitsunfähigkeit wird, unter Annahme der Erreichung eines bestimmten Lebensalters, — etwa 50 Jahre — jährlich eine Rücklage von rund 200 Mk. notwendig sein. Wird nun weiter angenommen, daß zur Erhaltung des Lebens und der Arbeitsfähigkeit eine Jahreseinnahme von 500 Mk. erfordert wird, so müßte der betreffende Arbeiter mindestens 700 Mk. pro Jahr erwerben, d. h. rund 2 Mk. pro Tag. Bei 20tägiger Krankheit, wie sie für jeden Sterbefall oben vorausgesetzt ist, wird sich also ein Verlust von 40 Mk. ergeben. Danach stellt sich die Berechnung des Verlustes für einen allgemeinen Sterbefall folgendermaßen:

Verlust an Arbeitsverdienst für 20 Krankentage eines der mittleren Lebensstufe Angehörigen, wie vor	40 M.
Aufwand für Krankenpflege und Heilung, der auf vier allgemeine Sterbefälle kommt, wie oben nachgewiesen, 4 × 1200 = . .	4800 „
Summa	4840 M.

Auf einen allgemeinen Sterbefall kommt daher ein Aufwand = $\frac{1}{4} \times 4840 =$ 1210 Mk.

Wenn daher in einer Stadt von 50 000 Einwohnern durch Anlage von Assanierungswerken die Sterbeziffer um bezw. 2, 4, 6, 8, 10 pro Tausend ermäßigt würde, so daß die Gesamtzahl der jährlichen Sterbefälle sich um bezw.:

100 — 200 — 300 — 400 — 500

Fälle verringerte, so würden damit folgende Gesamtersparungen und bezw. Ersparungen pro Kopf der Bevölkerung verbunden sein:

100 × 1210 = 121 000	Mk.	bezw. 2,42	Mk.
200 × 1210 = 242 000	„	„ 4,84	„
300 × 1210 = 363 000	„	„ 7,27	„
400 × 1210 = 484 000	„	„ 9,68	„
500 × 1210 = 605 000	„	„ 12,10	„

Dies sind Jahresersparnisse, die sich fortlaufend ergeben. Sie können daher kapitalisiert werden und stellen alsdann diejenigen Summen dar, deren Verausgabung in den erzielten wirtschaftlichen Erfolgen ihre Rechtfertigung finden würde. Diese Summen sind ungeahnt hohe. Es darf aber bei denselben nicht übersehen werden, daß die Stadtkasse unmittelbar nur für einen Teil dieser Summe verpflichtet, ein andrer Teil von den Stadtbewohnern direkt aufzuwenden ist. Immerhin kommen auch diese Summen der Wohlfahrtsmehrung der Stadt-

bevölkerung zu gute. Auch stehen neben denjenigen Verbesserungen, die sich annähernd in Geldwert ausdrücken lassen, andre, für welche ein Maßstab dieser Art fehlt. Verminderung der Sterblichkeit bedeutet gleichzeitig Verminderung von Kummer und Sorge in den betreffenden Familien, sowie Vermehrung der Arbeitsfreudigkeit, wie vermehrte allgemeine Reinlichkeit, welch letztere eine unmittelbare Folge von Assanierungseinrichtungen ist, in sittlicher Hinsicht veredelnd wirkt und das allgemeine Wohlbefinden, die Lebenslust erhöht. Alle diese Ursachen bringen in ihrem Zusammenwirken wiederum eine Verminderung der Krankheitshäufigkeiten und der Dauer der unvermeidbaren Krankheiten mit sich.

Wenn wir nun bemerken, daß trotz der bedeutenden Vorteile und Segnungen städtische Verwaltungen gewöhnlich erst nach langem Zögern, und wenn ein wirklicher Notstand eingetreten ist, an die Einrichtung einer Kanalisation herangehen, so sind ein paar erklärende Gründe von fast überall durchgreifender Bedeutung leicht zur Hand. Die Ausgaben dafür, sowohl die einmaligen als die dauernden, sind hoch und es ist meist schwer, dafür Deckung zu finden, weil es sich dabei nicht um eine sogen. produktive Ausgabe handelt, sondern nur um spätere, und auch erst nach und nach eintretende Ersparnisse an Ausgaben, deren Nachweis bei der Vielseitigkeit des Gegenstandes dem Gros der Stadtbewohner auch kaum faßbar gemacht werden kann. In dieser Beziehung waltet ein großer Unterschied im Vergleich zur Kostendeckung bei Anlage einer zentralen Wasserversorgung ob. Der Vorteil, welchen diese Anlage bringt, ist namentlich den ansässigen Stadtbewohnern ohne weiteres verständlich, und diese sind auch leicht in der Lage, die Kosten wieder einzubringen, besonders wenn es sich um die Eigentümer von Miethäusern handelt, welche dieselben ganz oder zum großen Teil auf die Mieter abwälzen.

Den Schwierigkeiten, welche die Kostendeckung bereitet, gesellen sich in der Regel andre hinzu. Gewöhnlich handelt es sich dabei um den endlichen Verbleib der Abwässer, oder der in denselben enthaltenen bedenklichen Stoffe; oder es mangelt die Vorflut, selbst für die Tagwässer. Bei diesen Punkten sind fast immer Nachbargemeinden beteiligt und in jedem Falle öffentliche Behörden. Die bezüglichen Verhandlungen erfordern leicht längere Reihen von Jahren, bevor alle Streitpunkte beglichen, alle Einsprüche erledigt sind. Besonders große Schwierigkeiten hat in Preußen während der letzten 25 Jahre fast immer die Frage der Benutzung der Flüsse zur Vorflut bereitet. Schon an früherer Stelle ist derselben Erwähnung gethan und angedeutet worden, daß zuweilen, zum offenbaren Schaden der Gesundheitspflege, beabsichtigte Ausführungen unnötig verzögert oder seitens der Behörde mit so schwer erfüllbaren Bedingungen bepackt worden sind, daß die Gemeinden zu wesentlichen Modifikationen haben schreiten oder vorerst ganz Abstand haben nehmen müssen. Um derartige üble Ausgänge zu vermeiden, müssen die Vorzüge und Nachteile beider Seiten genauer gegeneinander abgewogen werden, als es zuweilen geschehen ist und noch heute geschieht. Von besonderer Wichtigkeit aber ist, daß die Gemeinden, welche an die Aufgabe der Kanalisation herantreten, die verschiedenen Hemmnisse und Bedingungen, die zu überwinden sind, zum voraus genau kennen, um nicht in Gefahr zu stehen, durch das nachträgliche Auftreten von Unerwartetem in ihrem Vorhaben empfindlich gestört zu werden und alsdann unter dem üblen Eindrucke der Störung die begonnene Aufgabe wieder fallen zu lassen oder erheblich zu beschränken. Von solcher Anschauung ausgehend würde die S. 17 berührte gesetzliche Festlegung von Normen, wonach die Benutzung oder Nichtbenutzung eines öffentlichen Wasserlaufs für Zwecke der Kanalisation zum voraus beurteilt werden kann, eine wesentliche Verbesserung des bisherigen, meist nur sehr lose geregelten Zustandes bedeuten.

Im übrigen sind zu der oben durchgeführten Berechnung des wirtschaftlichen

Wertes von Einrichtungen der Städtereinigung noch ein paar Ergänzungen hinzuzufügen. Es steht fest, daß die entwickelten Schlußzahlen hinter der Wirklichkeit zurückbleiben, weil diese Zahlen auf der Annahme eines Sterbefalles aus der sogen. niederen Bevölkerungsklasse ermittelt worden sind. Dieselben würden höher werden, sowie man den Durchschnitt der Bevölkerung sich vor Augen stellt, da für diesen die Heranbildungskosten, die während der ersten Altersstufe aufgewendet werden müssen, jedenfalls höher als der oben angenommene Betrag von nur 3738 M. sind. Doch ersieht sich aus der obigen Rechnung, daß eine Veränderung — handelt es sich nun um eine Erhöhung, oder auch eine Verminderung — dieses Postens auf das Endresultat viel weniger Einfluß äußert, als eine Veränderung, die in den Ausgaben für Krankenheil- und Pflegezwecke allgemein eintritt. Darin liegt die Begründung für die Forderung, daß die Städte das möglichste für Minderung der Krankheitshäufigkeiten und der Krankheitsdauer aufbieten müssen, wenn sie ihrer Aufgabe gerecht werden wollen. Diesen Zwecken sind speziell die sogen. vorbeugenden Maßregeln, die ihrerseits der Pflege der Hygiene zugewiesen sind, gewidmet. Da aber unter den Mitteln, mit denen die Hygiene arbeitet, die Städtereinigung unbestritten in erster Linie steht, so folgt mit zweifelloser Sicherheit, daß Ausgaben aus den Stadtsäckeln für die Zwecke der Städtereinigung bei noch so großer Höhe kaum je in die Gefahr geraten können, sich als unproduktive oder nicht ausreichend produktive zu erweisen. In dieser Beziehung unterscheiden sie sich vorteilhaft von einigen andern Aufwendungen, wozu die Städte herkömmlich verpflichtet sind, oder wozu sie sich, sei es freiwillig, sei es unter dem Druck von wechselnden Verhältnissen, zuweilen entschließen.

Endlich ist noch speziell darauf aufmerksam zu machen, daß trotz einer gewissen Gründlichkeit, mit welcher die Ermittelung des wirtschaftlichen Lebenswertes eines Menschen oben durchgeführt worden ist, die Endziffern doch nur ein angenähertes Bild gewähren, besonders aber, daß die als Gesamtersparnisse der Städte bei einer Minderung der Sterbeziffer pro 1000 Lebende um 2, 4, 6, 8, 10 berechneten Zahlen nicht überall zutreffend sind, sondern andre Bedeutungen annehmen, je nachdem es sich um Städte mit hoher oder niederer Sterbeziffer handelt. Wenn es gelingt, in einer Stadt mit der Sterbeziffer 40 eine Herabsetzung derselben auf 30 zu erzielen und in einer andern Stadt die Sterbeziffer 30 auf 20 zu ermäßigen, so ist die Ermäßigungsziffer in beiden Fällen dieselbe. Der Erfolg ist aber im ersten Falle eine Vermehrung der durchschnittlichen Lebensdauer aller Stadtbewohner von $\frac{1000}{40} = 25$ Jahre auf $\frac{1000}{30} = 33\frac{1}{3}$ Jahre, im zweiten Falle aber von $\frac{1000}{30} = 33\frac{1}{3}$ auf $\frac{1000}{20} = 50$ Jahre. Es leuchtet sonach ein, daß nicht nur die in Geld ausdrückbaren wirtschaftlichen Erfolge, sondern auch diejenigen, welche sich der ziffermäßigen Erfassung entziehen, in den beiden vorausgesetzten Fällen sehr wesentlich verschieden sind. Es ist dies eine Thatsache, die bei der gewöhnlichen Behandlungsweise der hier vorliegenden Aufgabe leicht übersehen wird.

§ 19. Endlich die letzte wichtige Seite, welche der Gegenstand bietet: Es kann die Frage entstehen, ob durch Assanierung einer Stadt Schutz gegen das Einnisten von Epidemien aller Art geschaffen werden könne oder nicht? Bei den S. 34 ff. gemachten Zahlenmitteilungen ist bereits mehrfach auf die Mitwirkung von besonderen, noch unbekannten Ursachen bei der Sterblichkeit an Typhus hingewiesen worden; in noch höherem Maße als beim Typhus sind solche besonderen Ursachen

bei andern Infektionskrankheiten als mitwirkende in Rechnung zu ziehen, und bei allen ohne Ausnahme ist mit der Einschleppung der Krankheit von außerhalb zu rechnen. Darum ist die obige Frage zu verneinen. Wenn aber auch kein vollkommener Schutz gegen das Auftreten von Epidemien von der Assanierung zu erwarten ist, so ergiebt sich durch dieselbe nach bisherigen Beobachtungen doch eine so weite Herabminderung bei einer der verzehrendsten, daß in Bezug auf diese in manchen Orten beinahe von einem Erlöschen gesprochen werden kann; an andern Orten ist man diesem Zustande nahe gekommen.

Ein Einfluß der Städteassanierung auf andre Infektionskrankheiten als Typhus abdominalis scheint — abgesehen von der asiatischen Cholera und Darmkrankheiten, gegen deren Ausbreitung die Reinlichkeit der Stadt und ihres Grundes erfahrungsmäßig eine höchst wirksame Abwehr bildet — bisher kaum nachweisbar, wenigstens nicht bei der Mehrzahl der übrigen. Bei ihnen scheint die Bedeutung besonderer Faktoren, wie z. B. der direkten oder indirekten Uebertragungsmöglichkeit, der körperlichen Beschaffenheit (Alter, Disposition u. s. w.), Beschaffenheit der Luft und der Wohnungen u. s. w., der Bedeutung der Städteassanierung überlegen zu sein. Mit Bezug auf die hier in Rede befindlichen andern Infektionskrankheiten kann daher die Frage der Abminderung ihrer Häufigkeit nur für den einzelnen Ort untersucht und eventuell entschieden werden. Für Berlin liegt eine derartige eingehende Untersuchung von Weyl vor, die zu dem Ergebnis gelangt, daß hier durch die Kanalisation die Sterblichkeit an mehreren Infektionskrankheiten, wie namentlich Tetanus, Brechdurchfall, Dysenterie, Eklampsie, Pyämie, Wochenbettfieber, Tuberkulose, in toto herabgemindert sei. Das Nähere wolle in der mehrfach citierten Schrift von Weyl, Die Einwirkung hygien. Werke auf die Gesundheit der Städte, Jena 1893, nachgelesen werden. Im übrigen ist auch auf den Inhalt des nächstfolgenden Abschnitts zu verweisen.

II. Abschnitt.

Spezifische gesundheitliche Bedeutung der Abfallstoffe.

§ 20. Zwar ist schon in der Einleitung manches herzugebracht worden, wodurch über die gesundheitliche Bedeutung der Abfallstoffe ein gewisses Licht geworfen ward, und haben dabei auch die durch eine rationelle Beseitigungsweise derselben erzielbaren Erfolge eine etwas ins Einzelne gehende Behandlung erfahren. Doch ist eine weitere, in den Gegenstand tiefer eindringende Behandlung notwendig, insbesondere aus dem Grunde, um das Mittel zu bieten, Leistung und Wert der technischen Vorkehrungen des Städtereinigungswesens genauer übersehen und beurteilen zu können.

Die große Bedeutung, welche den Abfallstoffen zukommt, beruht in ihrer Eigenschaft, unter dem Einfluß von Luft, Wärme und Feuchtigkeit der Zersetzung anheimzufallen. Dabei ist immer nur an Stoffe organischer Herkunft gedacht und nicht an mineralische Stoffe, indem letztere, sofern sie nicht als spezifische Gifte wirken, für die Gesundheitspflege vergleichsweise irrelevant sind. Nach dieser Begrenzung ergiebt sich zunächst, daß auf die mineralischen Abfallstoffe, welche sich in Gewerben und industriellen Betrieben ergeben, das folgende keine Anwendung findet.

Je nach den End- (bezw. auch Zwischen-)Produkten, welche bei der Zersetzung entstehen, werden mehrere Arten der letzteren unterschieden, wenn auch bei der Kompliziertheit der Vorgänge einer-, und bei der Leichtigkeit, mit der manche Umbildungen vor sich gehen, andererseits die Unterscheidung nicht streng ist. Den beiden hauptsächlichsten Verlaufsarten der Zersetzung legt man die Bezeichnungen Fäulnis und Verwesung bei; nebensächliche Zersetzungsvorgänge sind noch die Vermoderung und die Verseifung.

Um letztere beiden Arten vorweg zu nehmen, sei angeführt, daß als Vermoderung die Zersetzung abgestorbener — oder auch erst absterbender Gegenstände des Pflanzenreichs verstanden wird, wenn dieselbe unter Anwesenheit von einiger Feuchtigkeit und wenig Luft vor sich geht; das wesentlichste Endprodukt der Vermoderung ist Wasser. Der Vorgang der Verseifung erfordert dagegen die Anwesenheit von viel Wasser und die Abwesenheit von Luft; außerdem müssen zum Zustandekommen desselben noch andre, bisher nicht genau erforschte Bedingungen erfüllt sein. Die Verseifung wird zuweilen bei Leichen beobachtet.

Damit die Zersetzung sich in der Art der Verwesung vollziehe, ist reichliche Anwesenheit von Sauerstoff, d. i. von atmosphärischer Luft, oder Luftwechsel erforderlich; es findet dann im chemischen Sinne Verbrennung oder Oxydation statt; demnach spricht man bei der Verwesung auch von Oxydation. Im speziellen

Sinne wird die Verwesung auch nur auf tote Stoffe, die dem Tierreich entstammen, bezogen, doch gewöhnlich eine strenge Abgrenzung gegen andre Stoffe, wenn sie nur organischer Herkunft sind, nicht gemacht.

Geht die Zersetzung bei Anwesenheit nur geringer Sauerstoffmengen, d. h. Luftabwesenheit, vor sich, wird also dabei kein Sauerstoff verbraucht, so heißt sie Fäulnis; statt dieser Bezeichnung spricht man zuweilen auch von Reduktion — dem Gegensatz der Oxydation — die dadurch definiert ist, daß Sauerstoff ausgestoßen, frei wird.

Eine kürzere Unterscheidung zwischen Verwesung und Fäulnis ist etwa die, daß die Verwesung rascher als die Fäulnis zu Ende kommt, und daß aus den stickstoffhaltigen Körpern bei der Fäulnis Ammoniak, dagegen bei der Verwesung salpetrige Säure und Salpetersäure gebildet werden.

Aus diesen Erklärungen ist ersichtlich, daß die Vorgänge der Verwesung und Fäulnis kaum je streng geschieden sein können, weder örtlich noch zeitlich. Es können in einer und derselben Masse in Zersetzung befindlicher Abfallstoffe beide Vorgänge nebeneinander herlaufen: an der äußeren, luftberührten Fläche Verwesung, und in dem vom Luftzutritt abgeschlossenen Innern Fäulnis. Es kann auch im Innern der Masse zunächst Verwesung stattfinden, die nach Verbrauch des vorhandenen Sauerstoffs in Fäulnis umschlägt. Und ebenso kann Fäulnis, wenn später Sauerstoff Zutritt gewinnt, in Verwesung übergehen.

Entsprechend solchen Wechseln stimmen die End- sowohl als Zwischenprodukte der beiden Zersetzungsvorgänge zuweilen mehr oder weniger überein; dieselben sind sehr zahlreich.

Die wichtigsten unter den Produkten der Fäulnis sind: Ammoniak, Schwefelwasserstoff, salpetrige Säure, Kohlensäure, Kohlenwasserstoffgase. Die wichtigsten Produkte der Verwesung sind: Kohlensäure, Wasser, Kohlenwasserstoffgase, Salpetersäure.

In besonderem Maße charakteristisch für Fäulnis ist die Entstehung von Ammoniak, das Kennzeichen beginnender oder im Laufe befindlicher Fäulnis, während ein Befund von Salpetersäure die Beendigung eines Zersetzungsvorganges — der Verwesung — markiert. Da Ammoniak und dessen Derivate üble Gerüche aussenden, spricht man zuweilen von „stinkender“ Fäulnis, zur Unterscheidung von anderweiten Zersetzungsvorgängen.

Im spezifisch-chemischen Sinne werden danach saure und ammoniakalische Fäulnis unterschieden; anderweit gilt nur letztere als Fäulnis. Doch kann die ammoniakalische Fäulnis sowohl stinkend als nicht stinkend sein, weshalb der Geruch allein kein sicheres Kennzeichen derselben ist. Vermöge der Aequivalenz, welche mit andern chemischen Vorgängen stattfindet, treten an die Stelle der Geruchsbildung zuweilen Farben-, zuweilen auch Konsistenz-Veränderungen. Die gewöhnlichen Erzeugnisse der ammoniakalischen Fäulnis sind aber Ammoniak (NH_3) und flüchtige Derivate desselben, sowie Schwefelwasserstoff (H_2S). Letzterer Stoff ist aber als Kennzeichen nicht immer verwertbar, weil er bei der hohen Affinität, die er sowohl zu Sauerstoff als zu Eisen besitzt, alsbald wieder verschwindet, wenn er Gelegenheit hat, mit Sauerstoff oder Eisen in Berührung zu treten. Danach bleibt als einzig sicheres Kennzeichen ammoniakalischer Fäulnis nur die Entstehung von Ammoniak und der flüchtigen Umbildungen desselben übrig*).

Die Entstehung von Kohlensäure (CO_2) bietet einen gewissen Anhalt für die Kenntnis des Ursprungs der Faulstoffe, da Kohlensäure insonderheit ein Erzeugnis der Zersetzung von Gegenständen pflanzlichen Ursprungs ist.

*) Vergl. Eber, Archiv für prakt. u. wissenschaftl. Tierheilkunde. Bd. 18 u. 19.

Ein Zersetzungsvorgang ist erst zu Ende, wenn von Stickstoffverbindungen nur Salpetersäure (HNO_3), bezw. von Kohlenstoffverbindungen nur noch Kohlensäure angetroffen wird. Die Gegenwart von minder hoch oxydierten Stickstoff- (bezw. Kohlenstoff-)Verbindungen, wie salpetrige Säure (HNO_2), erweist dagegen den zeitweiligen Stillstand des Vorganges. Das Stadium, zu welchem die Ueberführung aller Stickstoffverbindungen in HNO_3 vollendet ist, bezeichnet man als das der Beendigung der Nitrifikation.

Ob ein Zersetzungsvorgang auch wieder rückläufig werden kann, z. B. bei einem solchen HNO_3 wieder zu HNO_2 und letztere wieder zu NH_3 reduzierbar ist, scheint noch nicht sicher erwiesen, wird aber als möglich angenommen.

Der hier zur Besprechung stehende Zersetzungsvorgang umfaßt einen Komplex von Erscheinungen, deren Wesen nach Ursachen, Wirkung und Verlauf, wenn es sich um Eindringen in die Einzelheiten handelt, der Erforschung die größten Schwierigkeiten bietet. Etwas mehr als die ältere ungenügende Kenntnis haben gegen Ende der 30er Jahre besonders Arbeiten von Schwann und später von v. Liebig über die Gährungserscheinungen gebracht. Während Schwann bereits die Beteiligung organischer Gebilde bei denselben feststellte, sah Liebig in solcher Zersetzung nur den Verfall, die Auflösung toter Stoffe „aus sich selbst heraus“. Besonders Pasteur war es vorbehalten, in die Theorie der Zersetzung das Wirken von Fermenten, d. i. von Gebilden der belebten Natur, erst später fest einzufügen*). Noch später sind es die Arbeiten Alexander Müllers und Hulwas gewesen, welche die Kenntnis der Zersetzungsvorgänge dadurch erweiterten, daß sie in Bezug auf die Art und Weise des Verlaufs der sogen. Selbstreinigung der Flüsse — siehe weiterhin — die These aufstellten, daß es sich dabei nicht, wie bisher angenommen, um bloß chemische Wirkungen, sondern um die Thätigkeit von organisierten Wesen, und zwar um einen Aufzehrungs- (Verdauungs-) Vorgang handle, durch welchen die organischen Stoffe in die mineralische Form übergeführt würden. Diese, durch andre Autoren genauer erforschte Auffassung ist in der neuesten Zeit die allgemein herrschende geworden. Der Beweis von der Richtigkeit derselben wird in der Weise erbracht, daß man mit fäulnisfähigen Stoffen versetzten Boden u. s. w. sterilisiert, d. h. von organisierten Wesen befreit. In solchen Fällen kommt Zersetzung von Faulstoff nicht zu stande, während sie unter gleichen Verhältnissen beginnt, bezw. weiterläuft, wenn man dieselben Stoffe in demselben Stadium unsterilisiert sich selbst überläßt. Einen besonders schlagenden Beweis, den v. Fodor mit faulendem Urin ausführte, ist in Weyl, Handb. d. Hygiene, Bd. 1, mitgeteilt. In dem damit übergossenen Boden fand, wenn sterilisiert, keinerlei Umbildung statt, während bei dem nicht sterilisierten die Umsetzung in HNO_3 rasch vor sich ging.

Es ist daher die Thätigkeit des in den Faulstoffen vorhandenen „mikroskopischen Lebens“, das die Umbildung bewirkt, neben welchem auch chemische Agentien zur Mitwirkung gelangen, doch nur so weit, daß jenen weitaus die Hauptthätigkeit verbleibt. Die hierbei wirksam große Gruppe von Mikroben wird unter dem Namen „Fäulnisbakterien“ zusammengefaßt**).

Die neuesten, etwa nach der Mitte der 70er Jahre gemachten Fortschritte der bakteriologischen Forschung haben noch weitere Klarheit in diesen Dingen geschaffen. Ohne jedoch, daß es bisher gelungen wäre, die einzelnen beteiligten Arten der betreffenden Mikroben genau zu sondern, gilt heute noch vielfach eine von Pasteur eingeführte Unterscheidung der Bakterien in zwei große Gruppen: aerobe und

*) Vergl. hierzu insbesondere Flügge, Die Mikroben. 2. Aufl. Leipzig 1886.

**) Ein hier naheliegendes Beispiel bietet die Anwesenheit ungezählter Mengen von Bakterien im Darm der Menschen und Tiere, wo sie die Zersetzung — Umbildung — der aufgenommenen Nahrungsmittel vollbringen.

anaerobe. Die Existenzmöglichkeit der aeroben Bakterien ist an die Gegenwart von Sauerstoff geknüpft, während die anaeroben ohne Sauerstoff leben können. Danach werden die anaeroben Bakterien auch als Fäulnisbakterien bezeichnet, während die aeroben Verwesungsbakterien heißen. Bei den Uebergangszuständen und dem Wechseln in den Zersetzungsvorgängen kann diese Unterscheidung freilich nicht scharf sein, sondern muß an Uebergangs- oder Zwischenformen gedacht werden: an anaerobe Bakterien, welche zeitweilig auch bei Anwesenheit von Sauerstoff — bezw. sehr geringen Mengen desselben — bestehen können, und an aerobe, welchen es zu Zeiten möglich ist, mit nur sehr geringen Mengen von Sauerstoff, oder auch ganz ohne solchen, das Leben fortzuführen. Entsprechend bezeichnet man diese Zwischenformen als „fakultativ-anaerobe“ und als „fakultativ-aerobe“ Bakterien. Ob es sich dabei um dauernde Arten oder nur um Wechselzustände handelt, in die jene durch „Anpassung“ übergehen, ist noch nicht festgestellt; nach den Wechseln aber, die in dem Verlaufe eines Zersetzungsvorganges stattfinden, kann aber wohl an letzteres gedacht werden. In einer und derselben in Zersetzung befindlichen Masse können anaerobe und aerobe Bakterien gleichzeitig angetroffen, die ersteren in den unteren, gegen Luftzutritt abgeschlossenen Schichten, die letzteren an der Oberfläche, welche mit Luft in Berührung steht.

Die Angehörigen derjenigen Gruppe von Bakterien, welche die in Faulstoffen vorhandenen Stickstoffverbindungen in HNO_3 überführen, werden als Nitrobakterien bezeichnet. Analog dem kennt man Schwefelbakterien und Eisenbakterien. Beiläufig sei erwähnt, dass der Thätigkeit der Nitrobakterien die Bildung der lockeren Bodenschicht unserer Erde aus Stein- und Felsgründen zugeschrieben wird; sie müssen demnach als Hauptbeteiligte bei der Schaffung des heutigen „Antlitzes“ der Erde angesehen werden. Die in sumpfigen und sauren Boden vorkommenden gewaltigen Mengen von Raseneisenstein sind das Erzeugnis der Thätigkeit der Eisenbakterien. —

Bis in die neuere Zeit hinein hat man Fäulnisvorgängen nicht bloß einen allgemein schädigenden Einfluß auf die Gesundheit zugeschrieben; man legte den üblen Gerüchen, welche dabei entwickelt werden, die Eigenschaft bei, unmittelbar Krankheiten hervorrufen zu können. In England bildete sich aus dieser Auffassung heraus die sogen. Sewer-Gases-Theory, welche annimmt, daß gewisse Infektionskrankheiten — insbesondere Cholera und Typhus, aber auch Dyphtherie u. s. w. — aus gewissen, auch in der Luft, Abtrittsgruben und Kanälen enthaltenen spezifischen „Giften“ wenn nicht entstehen, so doch mit jener Luft über ganze Stadtbezirke ausgebreitet werden können. Entsprechend hielt man auch in Deutschland in den 70er und 80er Jahren jede Stätte, wo Fäulnis stattfand, als hoch bedenklich wegen der „Miasmen“, die dort entwickelt werden. Und als dann die großen Entdeckungen auf dem Gebiete der Bakteriologie folgten, als sich in den verschiedenen Pilzarten, Algen, den Bakterien, Keimen und Sporen die bis dahin wenig bekannte große Welt der niederen Pilze aufthat, glaubte man vielfach, in jedem Pilz, jedem Keime, jeder Spore eine unmittelbare Gesundheitsgefahr sehen zu müssen, und vermochte den ausreichenden Schutz dagegen nur in dem „pilzdichten Abschluß“ zu erblicken.

Die weitere eingehende Bearbeitung dieses Gebiets hat solche Auffassung als unzutreffend erkennen lassen. Man weiß heute, daß nur bestimmte Arten von Angehörigen der Gattungen der niederen Pilze — insbesondere der Spaltpilze (Schizomyceten) — spezifische Krankheiten hervorbringen können, und daß die Zahl der „Schädlinge“ im Vergleich zu der großen Zahl von Arten derselben nicht nur, sondern noch mehr der unfaßbaren Gesamtzahl der Spaltpilze sehr gering ist. Dadurch ist nicht nur eine berichtigte Auffassung der Sachlage entstanden, sondern

auch — und dies ist mehr — ein gewisser Maßstab, nach welchem sich der Umfang der Gefahr im einzelnen Falle wenigstens ungefähr abschätzen läßt, gewonnen worden. Und erst dadurch ist der Boden geschaffen, von dem aus eine wirkungsvolle Abwehr insceniert, eine zutreffende Beurteilung der hier in Rede stehenden hygienischen Einrichtungen und Anlagen möglich ist.

Heute hat die große Menge der Pilzarten vom Standpunkte der Gesundheitspflege aus nur noch ein nebensächliches Interesse, wogegen das Interesse derselben an einer besonderen Reihe derselben sich allerdings in früher ungeahntem Maße vergrößert hat. Die Bedeutung großer Zahlen von Keimen, die bei Untersuchungen von Luft, Boden, Wasser u. s. w. angetroffen werden, wurzelt nicht mehr in der Höhe dieser Zahlen, sondern einzig in der natürlichen Annahme, daß, je höher die Zahl — namentlich je höher die Artenzahl — um so größer die Wahrscheinlichkeit ist, daß unter denselben auch spezifische Schädlinge enthalten sein können, und umgekehrt.

Indem nun die wissenschaftliche Forschung weiter ergeben hat, daß mehrere unter den spezifischen Krankheitserregern aus der Gattung der Spaltpilze (einzelne auch aus andern Pilzgattungen) eng an die Auswurfsstoffe des Menschen, bezw. an andre Abfallstoffe des menschlichen und tierischen Haushalts gebunden sind, so hat die Behandlung dieser Stoffe, namentlich ihr Verbleib, eine früher ungekannte Wichtigkeit gewonnen, und mußten die besonderen technischen Einrichtungen, ihre Leistungsfähigkeit u. s. w., diesem besonderen Zwecke in weit engerer Weise angepaßt werden, als unter der Herrschaft der älteren Auffassungen genügen konnte. Bei den neueren Einrichtungen tritt, entsprechend dem Gesichtspunkte der Vorbeugung, die Verhütung von Fäulnis in den Vordergrund, und es ist demselben so weit als irgend möglich Folge zu geben. Denn mit der Entstehung von Fäulnis tritt in der Regel eine Erhöhung, eine Vermehrung der gesundheitlichen Gefahren, jedenfalls aber der Belästigungen ein, die mit Fäulnisvorgängen so lange verbunden bleiben, als keine Mittel vorhanden sind, denselben auf besondere Art und Weise zu steuern.

§ 21. Der große und in verhältnismäßig kurzer Zeit erfolgte Wechsel der Anschauungen, dessen Hauptzüge im vorstehenden dargelegt sind, macht gewisse Divergenzen leicht erklärlich, die während des Vorgangs selbst unter den Hygienikern sich gezeigt haben. Solcher Divergenzen giebt es mehrere; doch kommt der Mehrzahl derselben für unsern Zweck keine wesentliche Bedeutung zu. Von einer gewissen Bedeutung, auch für die technische Seite des Städtereinigungswesens, ist dagegen ein Unterschied, der sich in den Auffassungen über die Rolle des Bodens der Städte herausgebildet hat, und bis heute noch nicht ganz ausgeglichen ist.

Von den Abfallstoffen des Hauses, von tierischem Dünger und Straßenschmutz findet ein Teil seinen Weg in den Boden und kann von hier aus die Gesundheit der Stadtbewohner in verschiedener Weise nachteilig beeinflussen. Der erwähnte Gegensatz der Anschauungen bezieht sich nun im wesentlichen auf das Maß der Wirkungen, welche der verunreinigte Boden der Städte bei der Entstehung und Ausbreitung von Infektionskrankheiten ausübt. Auf diesem Unterschiede fußend sind zwei sogen. Schulen: die lokalistische und die kontagionistische, entstanden.

Die lokalistische Schule (v. Pettenkofers) betrachtet den Boden als unmittelbaren Ausgangspunkt der beiden hauptsächlichsten Infektionskrankheiten: Cholera und Typhus, und legt entsprechend diesen beiden Krankheiten die Bezeichnung „Bodenkrankheiten“ bei. Die Erreger der beiden Krankheiten — oder der betreffende Stoff: „Virus“ u. s. w. genannt — müssen, nach der Auffassung dieser Schule, im

Boden erst einen Reifezustand durchmachen oder erreichen, um ihre schädliche Wirksamkeit äußern zu können, und jeder einzelne Infektionsfall geht unmittelbar vom Boden aus. Folgerichtig kommt eine Infektion nicht zu stande, wenn der Boden nicht die zur Entstehung, oder auch nur zur Erhaltung des betreffenden Infektionsstoffes notwendigen Eigenschaften besitzt. Damit ist dem Boden die erste, dem Krankheitserreger die zweite Rolle bei der Entstehung sowohl als der Ausbreitung einer Infektion zugewiesen. Ergänzend muß hinzugefügt werden, daß in dem hier vorliegenden Sinne beim Boden nicht nur an die Beschaffenheit desselben im chemischen Sinne gedacht ist, sondern daneben auch die physikalischen, mineralogischen und geologischen Eigenschaften desselben, sowie die Höhenlage und Oberflächengestalt des Bodens — das Terrainrelief — in Betracht zu ziehen sind.

Der Ursprung der Grundauffassung der lokalistischen Schule liegt in der von v. Pettenkofer im Jahre 1854 auf Grund statistischer Aufzeichnungen aufgestellten These: daß in dem verunreinigten Boden von München das rasche Fallen des Grundwassers der Ausbreitung der Cholera günstig, das Steigen des Grundwassers derselben abträglich sei. Den Zusammenhang der beiden Erscheinungen erblickte v. Pettenkofer darin, daß durch das Freiwerden einer Bodenschicht von Grundwasser Zersetzungsvorgänge der in der Schicht enthaltenen verunreinigenden Stoffe in Wirksamkeit gesetzt werden, oder, kurz ausgedrückt, daß die Schicht „miasmatisch" oder „siechhaft" wird. Da in dem Maße, als aus der Schicht das Grundwasser verschwindet, dieselbe für die atmosphärische Luft zugänglich wird, so leitet jenes Verschwinden gleichzeitig den Beginn des Austausches von atmosphärischer Luft gegen die im Boden gebildeten Miasmen ein, in oder mit welchen der Choleravirus an die Erdoberfläche, bezw. in die unmittelbare Nähe von Personen geführt wird, die eventuell dabei infiziert werden.

Beobachtungen, welche von Buhl während der Zeit von 1855—66 über die Typhusfrequenz in München angestellt wurden, leiteten auf die Vermutung, daß auch zwischen dieser zweiten Infektionskrankheit und dem Boden eine Beziehung bestehe. Die von Buhl zusammengetragenen Zahlen wurden darauf von Seidel der genauen mathematischen Untersuchung unterworfen, durch welche die bisherige bloße Vermutung einen Grad von Wahrscheinlichkeit erlangte, welcher der Gewißheit unmittelbar nahe kam. Darauf stellte v. Pettenkofer die zweite, als eine Ergänzung der Cholerathese anzusehende These auf: „daß in München die Typhusfrequenz steigt, wenn das Grundwasser fällt, und umgekehrt."

Die Anwendbarkeit dieser These ist später auch für einige andre große Städte (Frankfurt a. M., Berlin, Bremen u. s. w.) untersucht und bewahrheitet gefunden worden*) (in einigen andern großen Städten, wie z. B. Budapest, Basel, Chemnitz, jedoch ist dies nicht der Fall gewesen). Sie wird seitdem vielfach als allgemein gültig angesehen; doch hat ihr Urheber selbst den Geltungsbereich später wesentlich eingeschränkt, indem er sie in den letzten Jahren nur noch auf Städte mit verunreinigtem Boden als anwendbar erklärt.

Der Auffassung der lokalistischen, in die Beschaffenheit des Orts den Schwerpunkt der Infektionstheorie verlegenden, und die Kontagiosität von Cholera und Typhus ganz, oder fast verneinenden Schule steht die Auffassung der jüngeren „kontagionistischen" Schule gegenüber, deren Urheber Koch ist. Die Kontagionisten stellen zwar die Mitwirkung des Bodens bei der Entstehung und Ausbreitung von Infektions-

*) Vergl. insbesondere Untersuchungen von Soyka, in der D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege; ferner Prausnitz, Grundzüge d. Hygiene. München 1892, und Rosenthal, Vorlesungen über öffentliche und private Gesundheitspflege. Erlangen 1890.

krankheiten — als deren Hauptrepräsentanten hier immer Cholera und Typhus gelten — nicht in Abrede, verneinen jedoch die Unmittelbarkeit der Wirkung desselben und geben nur eine mittelbare Beteiligung des Bodens zu. Sie definieren diese Mitwirkung dahin, daß der Boden eine sogen. disponierende Wirkung üben könne, deren Objekt das Individuum sei, welches allgemein, oder wovon bestimmte Organe durch Besonderheiten des Bodens in einen Zustand versetzt würden, bei welchem dem Virus der Angriff erleichtert, oder vielleicht auch erst ermöglicht werde.

Nach der kontagionistischen Auffassung spielt daher der Boden erst die zweite Rolle, der Virus die erste, und zwar so, daß die Mitwirkung des Bodens zum Zustandekommen einer Infektion, wie auch einer Epidemie unter Umständen ganz entbehrt werden kann. Das Vorhandensein des Virus allein genügt dazu; er bedarf auch nicht erst der Heranreifung im Boden, sondern kann, von außen im infektionstüchtigen Zustande herzugetragen, sowohl direkt als auch unter Benutzung verschiedener Medien, auf den Menschen übergehen, wie z. B. mit Kleidung, Nahrungs- und Genußmitteln, Wasser u. s. w. Am häufigsten dient das Trinkwasser als Zwischenmittel. Von der angenommenen Uebertragungsmöglichkeit des Virus, sei es eine direkte, oder sei es, daß die Uebertragung unter Einschieben eines Zwischenmittels zu stande kommt, hat diese Schule die Bezeichnung als „kontagionistische" erhalten, da sie jedenfalls eine „Berührung" — direkte oder indirekte — als notwendig ansieht. Die Bodenbeschaffenheit kann der Ausbreitung einer Epidemie förderlich sein; die Ausbreitung geschieht aber nicht so, daß jedes ergriffene Individuum den Virus direkt aus dem Boden aufnimmt, sondern in der andern Weise, dass derselbe von einem auf das andre Individuum „durch direkten oder indirekten Kontakt" übertragen wird. Es muß hinzugefügt werden, daß die Uebertragung von Cholera und Typhus durch Trinkwasser in zahlreichen Fällen erwiesen ist, wie auch für die Verbreitung des Typhus mit Nahrungsmitteln zweifelsfreie Beweise vorliegen; desgleichen scheint die Verbreitungsmöglichkeit des Typhus durch Luft ausreichend sicher erwiesen zu sein. Unter dem Eindruck der sich anhäufenden Beweisfälle hat dann auch in den letzten Jahren die kontagionistische Anschauung die Oberhand gewonnen.

Die vorstehend gegebene Darlegung der beiden entgegengesetzten Auffassungen läßt sich leicht in die Form eines mathematischen Ausdrucks einkleiden, der von v. Pettenkofer selbst herrührt. Dies ist der Ausdruck:

$$F = f(x, y, z),$$

worin F die Heftigkeit einer Epidemie ausdrückt, x, y, z unbekannte Funktionen sind, denen folgende Deutung untergelegt wird: x repräsentiert den Virus, y die örtliche Disposition (d. i. den Einfluß des Bodens), z die zeitliche Disposition (d. i. den Einfluß, den Temperatur, Luftfeuchtigkeit, überhaupt die sogen. klimatischen Faktoren ausüben). Der Zusammenhang, in dem die drei Funktionen f unter einander stehen, ist nur zum Teil bekannt: es kann entweder durch $f(y)$ (den Boden) der Virus $f(x)$ die Infektionstüchtigkeit erlangen, oder es kann auch, umgekehrt, $f(y)$ das Individuum so disponieren, daß dasselbe für den Virus empfänglich wird, dieser erst danach seine Wirkung auf dasselbe auszuüben vermag. Es ist zum Zustandekommen einer Infektion aber nicht Bedingung, dass alle drei f-Funktionen über Null hinausgehende Werte haben, sondern es genügt, wenn nur zwei f-Funktionen solche Werte besitzen. Wenn aber eine der drei Funktionen $f = 0$ ist, gleichgültig welche davon, so entstehen nur einzelne Fälle von Infektion, jedoch ergiebt sich keine eigentliche Epidemie. Haben aber alle drei Funktionen f Werte > 0, so werden die Infektionsfälle zahlreicher, d. h. es tritt eine wirkliche Epidemie ein.

Der Kern der Sache liegt, wie man sieht, darin, daß v. Pettenkofer das Zu-

standekommen einer Infektion nicht bedingungslos an die Anwesenheit des Virus knüpft, und diese nur für das Zustandekommen einer Epidemie als unerläßlich hält.

Auch die kontagionistische Lehre läßt sich in die Form der oben gegebenen Gleichung einordnen. $f(y)$ und $f(z)$ müssen dann aber andre Deutungen annehmen, als v. Pettenkofer diesen Funktionen beilegt. Der Unterschied in der lokalistischen und der kontagionistischen Deutung dieser beiden Funktionen mag minimal sein, wogegen mit Bezug auf $f(x)$ der fundamentale Unterschied besteht, daß die kontagionistische Lehre die Möglichkeit, daß bei $f(x) = 0$ überhaupt eine Infektion stattfinden kann, in Abrede nimmt.

Wie man aus der vorstehenden, nur auf das Wesentlichste der beiden Lehren eingehenden Darstellung entnimmt, ist innerhalb der beiden Extreme Raum für vermittelnde Stellungnahmen, die in der neueren Zeit sich auch gezeigt haben; auf diese hier selbst nur andeutungsweise einzugehen, ist ausgeschlossen. Es erübrigt sich auch um so mehr, als die bestehenden Unterschiede der Lehrmeinungen einen Einfluß auf die technischen Maßregeln der Städtereinigung kaum üben können. Denn beide Auffassungen legen der Bodenbeschaffenheit — insonderheit dem verunreinigten Boden — eine Mitwirkung bei der Entstehung und Ausbreitung von Infektionskrankheiten bei, und unterscheiden sich nur in Bezug auf das Mehr oder Weniger der Mitwirkung. Dieser Unterschied ist, obgleich höchst wichtig für die Art gewisser Maßregeln der Hygiene, wie z. B. die der Verhütung von „Einschleppung" ansteckender Krankheiten, ohne Belang für die technischen Einrichtungen des Städtereinigungswesens, und insbesondere diejenigen, welche zur Reinhaltung des Bodens der Städte zu treffen sind. Auf die hierzu erforderlichen Maßregeln und deren Besonderheiten würde es sogar ohne Einfluß sein, wenn die eine Lehrmeinung eine Mitwirkung des Bodens überhaupt verneinte, während die andre sie behauptet, weil schon die einfachste Vorsicht dazu zwingt, mit der Möglichkeit einer Mitwirkung zu rechnen, wenn dieser nur ein ausreichender Grad von Wahrscheinlichkeit beigelegt werden kann.

§ 22. Die allgemeine Bedenklichkeit der Anhäufung von Abfallstoffen in der Nähe von Menschen ist aber mit der Gefahr der Bodenverunreinigung längst nicht erschöpft. Eine weit ins Einzelne gehende und vollständige Darstellung der Schäden, Gefahren und Belästigungen gesundheitlicher Art, welche mit der Anhäufung von Schmutzstoffen verknüpft sind, hat neuerdings Gärtner gegeben*); dieselbe sei nachstehend auszugsweise mitgeteilt.

1. Entstehung von Infektionen. Es werden in den menschlichen Auswurfsstoffen die Erreger der Dysenterie, der Cholera und des Typhus angetroffen, und insbesondere in den menschlichen Sputa die Tuberkelbacillen, die Diphtheriebacillen, die Pneumoniekokken. Die Mikroben der exanthematischen Krankheiten (Masern, Scharlach u. s. w.) kleben an Hautabschürfungen, welche in die Zimmerluft übergehen, und an den Kleidern. An diesen, und im Staube der Zimmerluft finden sich auch die Kokken von Wundinfektionskrankheiten, wonach Lumpen, Kehricht u. s. w. vielfach die Vermittler von Infektionskrankheiten bilden.

Insbesondere gefährdend sind aber die häuslichen Abwässer; denn Wasch- und Badewasser führen die am Körper und in der Wäsche befindlichen Infektionskeime mit sich und es mischen sich den Abwässern Teile von Kinderfäkalien, Sputum und Urin bei, welche Stoffe die Erreger von Eiterungen, von Typhus, Tuberkulose, Diphtherie und von noch andern Krankheiten enthalten können. Die Gefahr ist um

*) Gärtner, Leitfaden der Hygiene. Berlin 1896.

so höher anzuschlagen, als angenommen werden kann, daß die Infektionserreger sich während einiger Dauer in den genannten Abfallstoffen halten können, allerdings verschieden lange, je nach der Art der Erreger selbst, nach der Beschaffenheit der Stoffe, nach Temperatur und sonstigen äußeren Verhältnissen. Im allgemeinen scheint die Lebensdauer nicht sehr groß zu sein; doch kommen Ausnahmen vor, z. B. beim Typhusbacillus, für welchen mehrere Monate lange Lebensdauer in Fäces und in Düngerstätten nachgewiesen ist. Eine Vermehrung der Erreger in den Abfallstoffen findet gewöhnlich nicht statt, wenn dieselbe auch bei einzelnen Arten, wie z. B. den Erregern von Eiterung, Cholera und Typhus, nicht ausgeschlossen ist. Jedenfalls ist es notwendig, bei den Maßregeln zur Beseitigung der Abfallstoffe mit der längsten bekannt gewordenen Lebensdauer der Erreger zu rechnen.

Hinsichtlich des Einflusses, den die Form der Abfallstoffe übt, ist zu beachten, daß die in den Fäkalien befindlichen Erreger gewöhnlich weniger gefährdend sind, als die in den Wasch- und Badewässern enthaltenen. Denn jene können aus den Fäkalien nicht leicht heraus- und zum Menschen zurückgelangen, während sie aus Wasch- und Badewässern z. B. mit den Händen mit besonderer Leichtigkeit von neuem aufgenommen werden. Aus trockenem Müll und Straßenstaub werden die Erreger vom Winde mitgeführt und auf der Haut, in Wunden, in den Luftwegen der Atmung u. s. w. wieder abgelagert.

2. Giftwirkungen. In den Auswurfsstoffen können durch Fäulnis eigentliche Gifte entstehen. Die hieraus hervorgehenden Gefahren sind jedoch nicht groß, weil die betreffenden Giftarten durch Umbildung rasch wieder zerfallen. Eine größere Bedeutung unter den Fäulnisgiften kommt unter Umständen Schwefelwasserstoff (H_2S) und Kohlensäure (CO_2) zu. Beide Stoffe sind zwar an freier Luft, oder wenn nur eine gewisse Verbindung der Erzeugungsstätte mit der freien Atmosphäre besteht, ungefährlich, können aber hoch gefährlich sein, wenn eine Verdünnung durch Hinzutritt frischer Luft gehindert oder stark erschwert ist. In dicht verschlossenen Gruben können sich H_2S und CO_2 in solchen Mengen entwickeln, daß hineinsteigende Arbeiter plötzlich betäubt werden und sterben. Man hat es in solchen Fällen mit der vereinigten Wirkung beider Gase zu thun. (Verfasser fügt hier nach anderweiter Quelle hinzu, daß sogar ein Fall von tödlichem Ausgang bekannt ist, von welchem ein Arbeiter betroffen wurde, der hoch über einer dicht verschlossenen Abortsgrube am oberen Ende des Fallrohres derselben mit Reparaturen beschäftigt war. Er gebrauchte Feuer, durch welches eine heftige Aspiration der genannten beiden Gase erfolgt sein wird.)

Bei der Schädlichkeit von Kohlensäure scheint der Ursprung derselben: ob bei Fäulnis oder bei Verbrennungsvorgängen in Oefen, oder bei künstlicher Beleuchtung entstanden, oder als reines Produkt der Industrie erzeugt, eine große Rolle zu spielen. Reine Kohlensäure kann in Mischung mit reiner Luft in sehr hohen Anteilen eingeatmet werden, ohne daß schlimme Folgen entstehen.

Die Mengen von H_2S, CO_2 und ein paar andern Gasen, welche bei der Zersetzung von Abfallstoffen entstehen, sind unerwartet große. Nach Versuchen von Erismann (v. Pettenkofer, Vorträge über Kanalisation und Abfuhr, München 1880) werden in 1 cbm Grubeninhalt, der aus 1 Teil festen und 3 Teilen flüssigen Stoffen besteht, bei mäßigem Luftwechsel in 24 Stunden entwickelt:

	315 l Kohlensäure,
	148 l Ammoniak,
	1,1 l Schwefelwasserstoff,
	580 l Kohlenwasserstoff,
zusammen	1044,1 l Gase,

die in die umgebende Luft übergehen. Bei erhöhter Temperatur können starke Vermehrungen eintreten.

Obige Bildungen erfordern eine gewisse Menge von Sauerstoff, der bis auf einen geringen Teil aus der umgebenden Luft bezogen werden muß. Und zwar werden 540 l Sauerstoff verbraucht: so viel wie in etwa 5 cbm atmosphärischer Luft überhaupt enthalten ist. Man kann sagen, daß durch die 24stündige Ausdünstung von 1 cbm Grubeninhalt 1·+ 5 = 6 cbm minderwertiger Luft entstehen, bezw. ganz unbrauchbar werden, oder dass:

1000 . 315 l = 315 cbm Luft durch die Mischung mit der entstandenen Kohlensäure oder:
1000 . 148 l = 148 cbm Luft durch die Mischung mit dem entstandenen Ammoniak oder:
1000 . 1,1 l = 11 cbm Luft durch die Mischung mit dem entstandenen Schwefelwasserstoff

an die Grenze desjenigen Zustandes gelangen, von welchem ab die Verunreinigung als eine mehr oder weniger gesundheitsschädliche zu bezeichnen ist (Genaueres siehe weiterhin in Abschnitt V: „Luft“ u. s. w.).

Vergleichsweise irrelevant ist die Bildung der großen Mengen von Sumpfgas; sie verdient aber insofern Beachtung, als Sumpfgas der Explosionsgefahr unterworfen ist. Ueber einen „vielleicht“ hierher gehörigen Fall vergl. in Deutsche Bauzeitg. 1895 Nr. 17 und 22.

3. Verunreinigung von Boden, Wasser und Luft. Die frühere Auffassung, daß üble Gerüche im stande seien, unmittelbar Krankheiten (wie z. B. Typhus) zu erzeugen, hat in neuerer Zeit aufgegeben werden müssen. Es ist aber möglich, daß das längere Einatmen von üblen Dünsten besonders bei empfindlichen Personen gesundheitliche Störungen hervorbringen kann. Der bloße „Ekel“ ist als eine gesundheitliche Belästigung höchsten Grades anzusehen.

Wenn Abfallstoffe in den Boden gelangen, so geschieht dies in der Regel unter Miteindringen mehr oder weniger großer Mengen von Feuchtigkeit. Die bereits begonnene Fäulnis der Bestandteile organischer Herkunft geht dann weiter, oder nimmt auch erst im Boden ihren Anfang. Die fauligen Gerüche steigen infolge des Luftaustausches mit der freien Atmosphäre auf, und dringen oft, durch die in den Wohnhäusern herrschende höhere Temperatur angesaugt, in diese ein. Wenn die Grundmauern des Hauses an der Sohle oder seitlich mit stark verunreinigtem Boden in Berührung sind, saugen sie die mit Faulstoffen geschwängerte Bodenfeuchtigkeit auf, führen dieselbe vermöge Capillarwirkung nach oben und es geben alsdann die Gebäudemauern kaum wieder zu beseitigende üble Gerüche an die Luft der Innenräume ab. In solchen Fällen handelt es sich nicht mehr um bloße Belästigungen, sondern um Gesundheitsschädigungen, bei denen insbesondere die Verdauungsorgane angegriffen und für gewisse Krankheiten in höherem Grade empfänglich gemacht werden („disponierende Wirkungen“).

Außer in die Gebäude dringen Auslaugungen von Faulstoffen oft in benachbart liegende Brunnen ein, sei es direkt durch Erdbrüche, oder Spalten, oder Gänge von Ungeziefer, die dahin führen, sei es dem Grundwasser zugemischt, wenn dessen Spiegel sich nicht in bedeutender Tiefe befindet. Es ist hier besonders an die sogen. Kesselbrunnen, die gewöhnlich nur einige Meter tief abgesenkt sind, zu denken, während das Wasser der tiefer hinabgeführten Brunnen, besonders das der sogen. Röhrenbrunnen, von dieser Gefahr frei ist. Durch Faulstoffe herbeigeführte Verunreinigungen von Brunnenwasser machen sich gewöhnlich durch höhere Anteile von Ammoniak und durch Anwesenheit von salpetriger Säure kenntlich. Wenn bei höheren Anteilen dieser Stoffe das Wasser nicht unmittelbar gesundheitsschädlich ist, hat dasselbe faden oder üblen Geschmack, ist unappetitlich und schon dabei

zuweilen ungenießbar. Solche Wasser unterstehen indessen auch der Gefahr, daß sie die Erreger von Infektionskrankheiten enthalten können, welchen durch Erdbrüche, Spalten u. s. w. der Weg von ihrem ursprünglichen Sitz in den Faulstoffen nach hier geöffnet worden ist.

4. Allgemeine Unreinlichkeit. Es erregt mindestens Unbehagen, in der unmittelbaren Nähe des Hauses Anhäufungen von Küchenabfällen und ähnlichen Dingen dulden zu müssen, und widerwärtig ist es zu bemerken, daß Wasch- und Küchenwässer sich in der Umgebung des Hauses lachenförmig sammeln, und unter Aushauchung von unangenehmen Gerüchen verdunsten. Es erregt Ekel, wenn im Flur eines Hauses oder in andern Räumen ein eigentümlicher fader Geruch herrscht, der von Gruben oder andern Sammelstätten von Unrat ausgeht; und die Ekelempfindung kann hochgradig werden, wenn beim Trinken eines Glases Wasser uns der Gedanke aufsteigt, daß vielleicht ein Teil des Trunkes den vorhin erwähnten Lachen, oder gar den Behältern von Unrat entstamme. Hierzu kommt, daß unter solchen Verhältnissen die allgemeine Reinlichkeit von Haus, Körper und Kleidung notwendig Schaden nimmt, da der Gelegenheiten, mit Schmutz in Berührung zu kommen, so viele sind, die sich dazu in unsrem unmittelbaren Bereich befinden.

Mit der Herabsetzung der allgemeinen Reinlichkeit aber wächst die Krankheitsgefahr und wird namentlich der Gefahr des Eindringens von Infektionskrankheiten Vorschub geleistet, um so mehr, als das durch den täglichen Anblick abgestumpfte Auge den natürlichen Abscheu gegen das Unreine mehr und mehr einbüßt und infolge hiervon der allgemeine Reinlichkeitszustand des Hauses und seiner Bewohner noch tiefer sinkt.

Allgemeine Reinlichkeit ist für alle Gesellschaftsklassen ohne Unterschied ein wesentlicher Faktor bei der Erziehung zu Ordnung und Sitte, der ausfällt, wo Unreinlichkeit herrscht. In den besser situierten Klassen verfeinert sich das Reinlichkeitsgefühl so weit, daß eine Beleidigung des ästhetischen Empfindens eintritt, sobald der Reinlichkeitszustand in der gesamten Umgebung des Hauses tiefer als an einer gewissen Grenze liegt. Diese Grenze ist nach Zeit, Ort und Zubehör zu Gesellschaftsklassen Wechseln unterworfen; die Gesundheitspflege hat aber allenthalben und immerdar die Forderung zu stellen, daß sie möglichst hoch gerückt werde. Auch dieser besondere Zweck erfährt durch die Einrichtung einer rationellen Städtereinigung die wirksamste Förderung.

Außer den zu 1—4 genannten Bedenklichkeiten der Abfallstoffe noch

5. die Verunreinigung der Flüsse und sonstigen offenen Gewässer anzuführen, hat Gärtner unterlassen, vielleicht in dem Gedanken, daß es bei dieser Schädlichkeit sich nicht immer um eine direkte Wirkung der Abfallstoffe handelt, als vielmehr um eine solche, die erst durch die Besonderheiten der geregelten Fortschaffungsweise derselben entsteht. Flußverunreinigungen kommen aber nicht bloß dadurch zu stande, daß Flüssen der Inhalt städtischer Kanäle zugesendet wird, sondern auch in noch andrer Weise. Entweder benutzen die Uferbewohner den Fluß als Mittel, das, was in Haus und Hof lästig ist, los zu werden, oder es werden ohne ihr Zuthun bei dem Abfluß von Regenwasser an der Oberfläche Schmutz oder Abfallstoffe aus der Umgebung der Häuser in den Fluß hineingeführt. In Flüssen, welche gewerbreiche Orte berühren, können derartige Verunreinigungen, wenn nicht die allerstrengsten Gegenmaßregeln getroffen werden, einen bedeutenden Umfang annehmen. Von den Ufern aus pflegen sich ganze Bänke, die aus der Anhäufung von Abfallstoffen nach und nach entstanden sind, in das Flußbett hinein zu erstrecken und in andern Fällen Aufschlammungen der Sohle mit weichen halb-

flüssigen Stoffen, die bei Anschwellungen ganz oder zum Teil flußabwärts geführt werden, um in Zwischenzeiten sich immer wieder von neuem zu bilden. Das Wasser ist mehr oder weniger schmutzig und oft fast zu jedwedem Gebrauchszweck ungeeignet. Ein derartiger „gemeinschädlicher“ Zustand kann an vielen, besonders kleinen Flüssen industriereicher Gegenden angetroffen werden, zuweilen auch in Gegenden ohne Industrie mit rein landwirtschaftlicher Thätigkeit.

Nicht nur dieser hochgradige Verunreinigungszustand, sondern schon ein viel minderer ist nach verschiedenen Richtungen hin bedenklich oder hoch gefährlich. Abgesehen von der Schädigung, die der Fluß als Vorflutmittel oder Verkehrsweg erleidet, kommt in Betracht, daß er ein ganz besonders geeignetes Mittel darstellt, hygienische Schädlichkeiten selbst auf weite Entfernungen hin auszubreiten. Die Erreger der Cholera sind mit Flüssen, sei es unmittelbar, sei es mittels des Schiffsverkehrs — letzterer in weitester Bedeutung genommen — verschleppbar, und können in großen Entfernungen vom Ursprung neue Herde bilden, von denen aus wiederum Verschleppungen und Herdbildungen möglich sind. Die neuesten Cholerajahre 1892 und 1893 haben für die hohe Gefährlichkeit der Flüsse als Verbreiter dieser Seuche mehrfache Beispiele geliefert. Freilich können dazu neben verunreinigten Flüssen auch solche, die sonst reines Wasser enthalten, geeignet sein; es liegt aber auf der Hand, in wie hohem Maße die Gefahr bei Flüssen mit verunreinigtem Wasser gegenüber denjenigen mit reinem Wasser vermehrt ist.

Die hier nahe liegende Frage, wie weit in und mit dem Flußwasser selbst Krankheitserreger fortführbar sind, ohne vernichtet zu werden? ist nicht allgemein beantwortungsfähig, auch nicht für den Erreger der Cholera. Aber für diesen und noch mehr für den Typhuserreger wird nach den bisherigen Erfahrungen unter begünstigenden Umständen auf eine mehrwöchige Lebensdauer gerechnet werden müssen. Während solcher hat der betreffende Fluß als „verseucht“ zu gelten.

In mehrfacher Weise kann ein verunreinigter Flußlauf Schaden anrichten, wenn sein Wasser von den Uferanwohnern zum Trinken oder auch nur zu den Zwecken des sogen. häuslichen Gebrauches benutzt wird. In diesem Falle ist unmittelbare sowohl, als mittelbare Ausbreitungsmöglichkeit von Infektionskrankheiten vorhanden, indem die Erreger sowohl unmittelbar mit aufgenommen werden, als ihren Weg zu dem Menschen auch in der — mittelbaren — Weise finden können, daß sie mit dem Nutzwasser erst an Nahrungsmittel oder Gebrauchsgegenstände übertragen werden. Es können mit dem ausgetretenen Wasser verunreinigter Flüsse auch Krankheitserreger aufs Land oder in Brunnen geschwemmt oder in andrer Weise dahin geführt werden, und es ist weiter daran zu denken, daß durch Benutzung unreinen Flußwassers zum Straßensprengen und zum Bewässern von Schmuckplätzen und Gärten den Erregern Gelegenheit zur Ausbreitung, sei es im Straßenschmutz, sei es in der oberen Bodenschicht der Städte, gegeben ist.

Außer der Gefährdung, welcher Menschen unterstehen, muß an die Gefährdungen gedacht werden, welchen Vieh ausgesetzt ist, wenn das verunreinigte Flußwasser demselben zur Tränke dient. Bekanntlich kann eine Reihe von Infektionskrankheiten, die sogen. „Zoonosen“, von Tieren auf Menschen übertragen werden.

Es ist endlich die Schädigung der allgemeinen Reinlichkeit zu erwähnen, welche ein verunreinigter Flußlauf mit sich bringt und welche wahrscheinlich die von unreinem Boden ausgehende Reinlichkeitsschädigung noch übertrifft. (Vergl. S. 53.)

Ein Ueberblick über die im vorhergehenden Abschnitt aufgezählten Gesundheitsschädlichkeiten der Abfallstoffe zeigt, daß von denselben für den Zweck dieses Buches die Punkte 2, 3 und 5 in besondern Betracht kommen und daher ein-

gehendere Darlegungen erfordern. Auf den Punkt 2 wird, insoweit als er sich auf die Bildung von giftigen Gasen in den Sammelstätten von Abfallstoffen in den Gruben, Tonnen und Kanälen bezieht, weiterhin noch an mehreren Stellen einzugehen sein und das, was den Boden betrifft, kann nicht auf die Eigenschaften des unreinen Bodens beschränkt werden, sondern es müssen auch die wesentlichsten Eigenschaften und das Verhalten des nicht verunreinigten Bodens in die Besprechung einbezogen werden, weil zwischen reinem und unreinem Boden unmittelbare Wechselbeziehungen stattfinden. Auf den Eigenschaften des reinen Bodens beruht zudem seine Gebrauchsfähigkeit für Zwecke der Abwasserreinigung durch Filtration und Berieselung, Gegenständen, die weiterhin in besonderen Abschnitten zur Darstellung kommen.

III. Abschnitt.

Boden und Bodenverunreinigung.

1. Kapitel.

Reiner Boden.

§ 23. Sowohl die Art des Verlaufs von Zersetzung (Fäulnis oder Verwesung) der in den Boden gelangten Verunreinigungen, als die Dauer des Vorgangs sind von einer ganzen Anzahl von Faktoren abhängig: chemische und physikalische Beschaffenheit des Bodens, Oberflächengestalt, Feuchtigkeit und Temperatur desselben. Von denselben Eigenschaften hängt auch die Fähigkeit der sogen. Selbstreinigung des Bodens ab. Teils wirken die genannten Faktoren direkt, teils üben sie indirekt Wirkungen, indem sie das Mikrobenleben des Bodens beeinflussen.

Kalkarmut des Bodens verzögert die Zersetzung, Kalkreichtum befördert dieselbe. In humusreichem Boden pflegt Zersetzung rasch zu verlaufen; im sauren Torfboden schreitet dieselbe nur sehr langsam vor und unterbleibt zuweilen ganz, wogegen Verseifung (S. 43) eintritt. In Kiesboden verwesen Kinderleichen schon in vier Jahren und noch kürzerer Zeit, Leichen Erwachsener in höchstens sieben Jahren, während in schwerem Lehmboden mindestens fünf bezw. neun Jahre notwendig sind.

Mit der chemischen Beschaffenheit des Bodens steht die Färbung desselben in Zusammenhang, die aber auch an sich von Bedeutung für Zersetzungsvorgänge ist, da mit der Färbung die leichte oder schwierige Erwärmung des Bodens zusammenhängt. Dunkelfarbiger Quarz-, Kalk- und Thonboden speichert die Wärme mehr auf als hellfarbiger Boden gleicher Art, und wird, entsprechend, bei Sonnenbestrahlung um etwa 20 % höher erwärmt, als dieser. Aber die höhere Erwärmung kann auf die zersetzende Thätigkeit von Bodenmikroben sowohl fördernd als hemmend wirken, während sie chemische Umbildungen allgemein begünstigt. Bei Sonnenbestrahlung gehen aber manche Mikrobenarten rasch zu Grunde, oder werden doch in ihrer Entwickelung gehemmt. Bei gleicher Beschaffenheit der Struktur und Färbung wird eine Bodenfläche um so höher erwärmt, je mehr senkrecht dieselbe von den Sonnenstrahlen getroffen wird, und umgekehrt. Der Boden an steilen, nach Süden gewendeten Hängen hat daher im allgemeinen erheblich höhere Temperaturen als flache Hänge oder ebene Flächen. Nach Norden gerichtete Hänge sind kalt, während westlich und östlich gerichtete mittlere Temperaturen besitzen.

Den Einfluß der chemischen Beschaffenheit des Bodens auf dessen Temperatur erweisen folgende Zahlen über die spezifische Wärme, die auf die spezifische Wärme des Wassers = 1 bezogen sind und für trockenen Zustand gelten:

Granitboden	0,380	Schwerer Thonboden	0,274
Kalkboden	0,339	Leichter Thonboden	0,254
Heideboden	0,312	Luft	0,238
Humoser Lehmboden	0,310	Quarzsand	0,196
Reiner Thon	0,293	Kalksand	0,150
Thonige Erde und Mergelboden	0,284		

Danach erfordert Granitboden zur gleich hohen Erwärmung etwa die doppelte Wärmemenge als Sandboden, und im allgemeinen beträgt die spezifische Wärme von Boden etwa 0,3 derjenigen des Wassers. Doch würde der Schluß, daß feuchter Boden etwa in dem Verhältnis $\frac{1,0}{0,3}$ leichter erwärmt wird als Wasser, unzutreffend sein, weil dabei der Einfluß der Zeit außer acht gelassen ist. Wasser leitet Wärme etwa 20mal so rasch als Luft und es kann daher feuchter Boden etwa in dem Verhältnis von $\frac{20}{3,33} = 6$, d. h. in nur etwa $^1/_6$ der Zeit auf gleich hohe Temperatur mit trockenem Boden gelangen.

In dem Wärmeaufspeicherungsvermögen und in der Verschiedenheit der Wärmeleitung ist die Erscheinung begründet, daß von den Sonnenstrahlen getroffene Gegenstände, wie z. B. die Oberflächenschicht des Bodens, höhere Temperaturen annehmen können, als die Sonnenstrahlen selbst besitzen, daß aber die höhere Wärme nur wenige Centimeter tief in die Schicht eindringt. Dunkel gefärbter trockener Sandboden kann unter der Sonnenbestrahlung über 50° hinaus erwärmt werden. Entsprechend kann sich bei ihm auch eine stärkere Abkühlung durch Wärmeausstrahlung zeigen; doch hängt diese auch von der Wärmeleitung ab. Feuchter Boden wird wegen der größeren Leitungsfähigkeit rascher und stärker abkühlen als trockener.

Die durch den Wechsel in der Temperatur eines Tages erzeugten Wechsel in der Bodentemperatur pflanzen sich nur bis zu geringer Tiefe fort. Die so hervorgebrachten Wärmeschwankungen des Bodens werden schon in der Tiefe von 0,5 bis 1,0 m unmerkbar, wogegen die sogen. Monats- und die Jahresschwankungen sich in größerer Tiefe, wenn auch stark abgeschwächt, zeigen. Je nach der Bodenbeschaffenheit herrscht in Bodentiefen von 16—33 m vollkommene Beständigkeit der Temperatur.

§ 24. Indem Erwärmung und Entwärmung des Bodens besonders von der Bodenfeuchtigkeit und dem Luftgehalt abhängen, und diese in der Hauptsache eine Funktion der Bodenstruktur ist, kommt letzterer dabei eine Hauptrolle zu.

Einen annähernd richtigen Maßstab für die Bodenstruktur gewährt das Porenvolumen. Beim sogen. natürlichen, durch Verwitterung gebildeten Boden beträgt das Porenvolumen etwa 30 %. Genauere, von Flügge, Schwarz, Renk und Anderen ermittelte Zahlen sind folgende:

	Porenvolumen in Prozenten
Kies	38,3—40,1
Korn < 7 mm	36,7
< 4 „	36,0
< 2 „	36,0
Sand	35,6—40,8
Grobsand, Korn 1—2 mm	39,4
Gemenge aus gleichen Teilen Kies und Sand	23,1—28,8
Lehm	36,2—42,5
Thon mit Anteilen von organischen Stoffen	52,7
Humusarmer, sandig-lehmiger Boden	55,3
Humoser kalkiger Lehm-Sandboden	56,8

Es ist aus diesen Zahlen zu schließen, daß für das Porenvolumen die Korngröße bestimmend ist, noch mehr als diese jedoch die Mischung der verschiedenen Korngrößen. Boden aus Körnern von gleicher Größe hat, wenn das Korn „fein" ist, das höchste Porenvolumen; während Boden, in welchem möglichst alle Korngrößen in Mischung enthalten sind, das kleinste Porenvolumen besitzt.

Die Durchlässigkeit des Bodens für Luft hängt hauptsächlich von Luftdruckunterschieden und von dem Porenvolumen ab, wegen der von der Form der Poren abhängigen Größe des Reibungswiderstandes aber nicht nur von letzterem, sondern auch von Korngröße und Kornform; daß auch noch andre Umstände dabei mitwirken, ist aus dem, was vorangeschickt, leicht erkennbar. Ein allgemein gültiges Gesetz für die Luftdurchlässigkeit von Boden wird daher kaum aufstellbar sein; wenigstens nicht ein solches, das für Schichten von einiger Dicke Geltung beanspruchen kann; mit der Schichtdicke wird die Luftdurchlässigkeit abnehmen. Bezeichnet M die Menge der in der Zeiteinheit durchgegangenen Luftmenge, h die wirksame Druckhöhe, d die Schichtdicke, p das Porenvolumen und sind m und n Koeffizienten, in welchen die mitwirkenden Nebeneigenschaften zum Ausdruck kommen, so kann das Gesetz für den Luftdurchgang in folgender Form gegeben werden:

$$M = \frac{m p \sqrt{h}}{n d}.$$

Ueber die Koeffizienten m und n ist nichts weiteres bekannt, als daß sie etwa den Bedingungen entsprechen werden:

$$m \leqq 1 \qquad n < 1.$$

Wahrscheinlich werden m und n mit p und h, bezw. mit d wieder veränderlich sein.

Renk*) und Fleck haben aus Beobachtungen folgende Luftdurchgangsmengen ermittelt, welche für die Bestimmung von m und n einigen näheren Anhalt gewähren können:

1. Beobachtungen von Renk:

Bodenart	Porenvolumen %	Druck in Wassersäulenhöhe mm	In 1 Minute durch Schichten gleicher Dicke gegangene Luftmenge l	Genauere Definition der Bodenart
1. Feinsand	55,5	20	0,00233 = 1	Korngröße < 0,3 mm
2. Mittelsand . . .	55,5	20	0,112 = 48	„ 0,3—1,0 „
3. Grobsand. . . .	37,9	20	1,280 = 549	„ 1,0—2,0 „
4. Feinkies	37,9	20	6,910 = 2966	„ 2,0—4,0 „
5. Mittelkies . . .	37,9	20	15,540 = 6670	„ 4,0—7,0 „

2. Fleck fand bei lufttrockenem Boden:

a) bei Mischungen von Kies und Sand, daß, wenn das Porenvolumen von 49,7 % auf 41,3 % abnahm, sich die durchgegangene Luftmenge von 100 % auf 36,88 % verminderte, und

b) bei Mischungen aus Sand und Thon, daß die Verminderung des Porenvolumens von 56,4 % auf 54,8 %, die durchgegangene Luftmenge eine Verminderung von 100 % auf 35,6 % erlitt.

*) Prausnitz, Grundzüge der Hygiene. München 1892.

Die in den Versuchen Renks gefundenen Unterschiede sind sehr auffällige. Uebrigens lassen beide Zahlenreihen keine Verallgemeinerung auf sogen. „gewachsenen" Boden zu, weil bei diesem die Lagerungsverhältnisse der Bodenkörner völlig andre als bei künstlich hergestellten Bodenproben sind.

Je mehr leimende (Kolloid-)Substanzen und je mehr Feuchtigkeit im Boden vorhanden ist, um so geringer ist seine Luftdurchlässigkeit und umgekehrt. Feuchtigkeit kann aber im Boden in mehreren Formen vorhanden sein. In der Form von Eis kann es bei vorher nicht ganzer Ausfüllung der Poren letztere vollständig verschließen und den Luftdurchgang aufheben.

§ 25. Die durch Adhäsion an der Oberfläche der Körner festgehaltene Wassermenge drückt die sogen. „wasserbindende Kraft" des Bodens aus, welche für verschiedene Bodenarten ungleich ist, und teils von der Form der Körner, teils von dem Oberflächenzustande, teils von der chemischen Beschaffenheit des Bodens abhängt.

Als Kapillarwasser wird Wasser bezeichnet, welches durch Wirkung der sogen. Haarröhrchen (kleiner unregelmäßiger Gänge zwischen den Bodenkörnern) aus der Tiefe angesaugt und festgehalten wird. Die Größe der Kapillarkraft gelangt sowohl durch die Höhe, zu der das Wasser gehoben, als durch die Menge, in der es festgehalten wird, zum Ausdruck. Letztere — gewissermaßen die Schichtdicke — hat aber, gleichwie die Höhe, ihr Maximum. In dem Augenblick, wo das Mengenmaximum überschritten wird, sinkt das Kapillarwasser wieder in die Tiefe, nur so viel zurücklassend, als an den Körnern vermöge Adhäsionswirkung festgehalten werden kann. Je größer die Bodenporen, um so geringer das Kapillarvermögen des betreffenden Bodens und umgekehrt. Im Boden aus feinstem Sand mit 0,1 mm Korngröße kann Wasser durch Kapillarwirkung bis etwa 1 m hoch gehoben werden; bei 0,5—1,0 mm Korngröße ermäßigt sich diese Höhe vielleicht bis auf 0,1 m; in Lehmboden und Moorboden werden besonders große Höhen erreicht.

Speisung des Bodens mit Feuchtigkeit findet von unten aus durch Kapillarwirkung, von oben aus durch Kondensation und Einsickerung statt. Es wird der in den Boden eindringenden atmosphärischen Luft, wenn die Temperatur im Boden niedriger als über Bodenoberfläche ist, so lange Feuchtigkeit entzogen und im Boden niedergeschlagen, bis das der Bodentemperatur entsprechende Sättigungsmaximum erreicht ist; damit der Vorgang stattfinden kann, soll jedoch niedrige Temperatur unter Bodenoberfläche keine unerläßliche Bedingung sein.

Wie der Boden aus der Grundluft Feuchtigkeit aufnimmt, so giebt er dieselbe unter umgekehrten Verhältnissen auch wieder ab, d. h. er trocknet aus. Je luftreicher der Boden, je rascher die Austrocknung, und umgekehrt. Doch wirken dabei auch chemische Faktoren mit; es scheint aber zu diesem Punkte bisher noch wenig Genaues festgestellt zu sein. Man beobachtet, daß die sogen. kompakten Bodenarten, wie Lehm, Humus u. s. w. Feuchtigkeit viel schwerer abgeben, als lockerer Boden.

Die große gesundheitliche Bedeutung, welche Kapillar- und Kondensationswirkung, sowie Austrocknung des Bodens besitzen, bedarf der besonderen Hervorhebung kaum.

Sehr verwickelte Erscheinungen zeigt das Verhalten des in den Boden eindringenden Tagwassers, des sogen. „Sickerwassers", das einen gewissen Anteil der Niederschlagsmenge bildet, da ein Teil der letzteren verdunstet, ein andrer Teil abfließt. Wie groß diese beiden Teile sind, hängt von Besonderheiten des Ortes (Sättigungsdefizit der Luft, Luftbewegung, Oberflächengestalt und -beschaffenheit) ab. Die Verdunstung ist aber mit dem Eintritt des Tagwassers in den Boden nicht zu Ende, sondern wird alsdann in der Regel größer sein, als wenn die Verdunstung

aus der geschlossenen Masse an der Oberfläche stattfindet, weil im Boden die Berührungsfläche mit der Luft gewöhnlich die größere sein wird. Diejenige Wassermenge, welche die Poren vollständig ausfüllt, also inhaltgleich dem Porenvolumen ist, nennt man die *Wasserkapazität* des Bodens.

§ 26. Was die *Verdunstungsgröße* an der Bodenoberfläche betrifft, so haben Beobachtungen an den bayerischen forstlichen Versuchsstationen*) folgendes ergeben:

1. Von nackten Bodenflächen und Flächen mit *toter* Bedeckung verdunstet *weniger*, von Flächen mit lebender Bedeckung (Pflanzenwuchs) *mehr* Wasser als von Wasserflächen.
2. Je dichter die Bodenstruktur, je größer ist die Verdunstung. Von *lockeren* Oberflächen verdunstet daher weniger Wasser als von dichteren.
3. Dunkle Färbung des Bodens vermehrt die Verdunstung so lange, bis eine gewisse Wassermenge abgegeben ist.
4. Bei wellenförmiger Gestalt der Oberfläche wird mehr Wasser verdunstet als bei ebener.
5. An *südlich* gerichteten Abhängen ist die Verdunstung am größten; alsdann folgen in der Reihe Ost-, West-, Nordabhänge.
6. Einer Neigung des Hanges von 20—30° entspricht die größte Verdunstung am Südabhange; dagegen findet an Nordabhängen das Umgekehrte statt.
7. Die Verdunstung ist um so geringer, je höher das Grundwasser liegt; doch spricht das Kapillarwasser des Bodens dabei mit; und zwar verdunstet letzteres am stärksten. Da aber die kapillare Hebung beschränkt ist, folgt, daß mit der größeren Höhenlage des Grundwassers auch die Verdunstung des Kapillarwassers geringer wird.

Die Verdunstungshöhen von geschlossenen Wasserflächen, auf welche im Vorstehenden häufig Bezug genommen ist, sind unerwartet hohe. Beobachtungen französischer Experimentatoren haben, auf das Jahr berechnet, Verdunstungshöhen ergeben, die zwischen 557 mm und 1231 mm liegen. Die Mittelzahlen bewegen sich etwa um 600 mm. 14jährige Beobachtungen in Augsburg**) lieferten folgende Verdunstungsgrößen an von der Sonne getroffenen Wasserflächen:

			772 mm
Januar . . .	15 mm	Juli	221 „
Februar . .	65 „	August . . .	223 „
März . . .	113 „	September .	198 „
April . . .	174 „	Oktober . .	115 „
Mai	200 „	November .	76 „
Juni	205 „	Dezember .	21 „
	772 mm	zusammen	1626 mm

Diese Zahlen lassen mit besonderer Deutlichkeit den Einfluß, den die *Jahreszeit* übt, erkennen.

§ 27. Die *Einsickerungsmenge* richtet sich teils nach der Bodenstruktur, teils nach der Intensität, mit welcher der Regen fällt.

Bei *grober* Struktur findet das Wasser rasch und in relativ großen Mengen Zutritt zu den unteren Schichten, bezw. unmittelbar zum Grundwasser, und wird die obere Bodenschicht rasch wieder leer. Ein zeitweiliges Hindernis in dem Sinken kann sich aber ergeben, wenn der Regen mit besonderer Heftigkeit fällt, indem alsdann eine vollständige Ausfüllung der Poren stattfinden kann, welche das Entweichen der

*) Handbuch d. Ingen.-Wissensch. Bd. 3. 1. Abt., 1. Hälfte.

**) *Becker*, Die Wasserversorgung von Königsberg i. Pr. Königsberg.

Grundluft nach oben verhindert. Diese wird abwärts gedrückt und erleidet dabei vorübergehend vielleicht eine Kompression, welche selbst einer beträchtlichen Wassersäule das Gleichgewicht zu halten vermag.

Abweichend ist der Vorgang bei feiner Bodenstruktur, da hier Kapillarhebung, Adhäsion, Reibung, einen beträchtlichen Teil des Drucks der einzelnen fein verteilten Wassersäule aufheben. Die obere Bodenschicht füllt sich langsam, und der Widerstand, den die Bewegung der einzelnen Wassersäulen findet, wird unter der Gegenwirkung der genannten Faktoren mit der Tiefe immer größer. Schließlich, wenn nach Durchsickerung einer gewissen Tiefe die lebendige Kraft des einsickernden Wassers durch die Widerstände aufgezehrt ist, tritt Stillstand ein und das Wasser bleibt in feiner Verteilung hängen, so lange, bis durch Nachsickern einer andern Säule wiederum neues Arbeitsvermögen gewonnen wird, oder auch durch Erschütterungen des Bodens sich etwa eine Ursache zur weiteren Abwärtsbewegung ergibt. Der Zeitraum, bis das von einem bestimmten Regenfall herrührende Sickerwasser das — in größerer Tiefe liegend gedachte — Grundwasser erreicht, kann zu mehreren Jahren anwachsen.

Indem das beschriebene Spiel immer wieder von neuem eintritt, ergibt sich, daß die Speisung des Grundwassers von oben aus in Absätzen, nicht kontinuierlich, stattfindet, das Steigen desselben also „ruckweise“ erfolgt und zu Zeitpunkten, welche beträchtlich später als diejenigen Zeitpunkte fallen, zu welchen die Niederschläge erfolgten. Hierbei ist freilich vorausgesetzt, daß es sich um Gebiete mit stehendem Grundwasser handelt, welches keine Zuflüsse von außerhalb empfängt. Wo diese stattfinden, also bei allen fließenden Grundwässern — unter Umständen auch bei stehenden — vollzieht sich der Vorgang anders als beschrieben ist.

§ 28. Auf sonstige Besonderheiten des Grundwassers hier einzugehen, liegt keine Veranlassung vor; doch sind noch die allgemeinen Beziehungen desselben zur Bodenfeuchtigkeit kurz zu berühren. Ein Schluß vom Höhenstande des Grundwassers auf die Feuchtigkeit der oberen Bodenschichten, dergestalt: daß hohe Lage des Grundwassers große, dagegen tiefe Lage geringe Feuchtigkeit der oberhalb befindlichen Bodenschicht bedinge, ist nicht allgemein, sondern nur unter gewissen Voraussetzungen zutreffend. Der Schluß gilt für grobkörnigen Boden, und er gilt ferner für diejenige Höhenschicht über dem Grundwasser, welche von diesem aus mit Kapillarwasser erfüllt wird. Der Schluß ist jedoch unrichtig, wenn das Grundwasser von fernher Zuflüsse empfängt, durch die sein Stand bestimmt wird, oder wenn gewöhnlich „stehendes“ Grundwasser nach Erreichung eines gewissen Höhenstandes Veränderungen seines Höhenstandes durch Abfluß erleidet, fließend wird.

Demnach kann für die hier vorliegenden Zwecke der Sammlung und der Mitteilung von Grundwasserstandsbeobachtungen nur dann Bedeutung beigelegt werden, wenn die äußeren Umstände, aus denen Veränderungen hervorgehen, genau bekannt sind. Bei feinporigem Boden, in welchem das Grundwasser nur durch Einsickerung von oben Zufluß empfängt, ist Fallen oder zeitweilige unveränderte Lage des Grundwasserspiegels ein Beweis, daß von oben kein Zufluß erfolgt, und, entsprechend, daß in den oberen Schicht vorher eine mehr oder weniger lange Zeit hindurch Trockenheit bestanden hat. Doch kann der Trockenheitszustand hier längst wieder aufgehört haben und der Boden recht feucht sein zur Zeit, wo sich beim Grundwasser Fallen oder Stillstand zeigt. Diese Feuchtigkeit kann von minderen Regenfällen herrühren, die nicht so viel Sickerwasser liefern, daß die Poren vollständig gefüllt werden; es können aber auch Temperaturunterschiede, unten und oben, welche beträchtliche Kondensationen von Luftfeuchtigkeit mit sich bringen, dabei beteiligt sein.

Der Feuchtigkeitszustand der oberen Bodenschichten ist daher im allgemeinen aus Grundwasserstandsbeobachtungen nicht zu bestimmen, sondern mit Sicherheit nur aus direkten Ermittelungen. Dies gilt insbesondere für den Straßengrund in Städten, der von oben wenig Feuchtigkeit zugeführt erhält, dessen Grundwasserstand daher im allgemeinen große Beständigkeit besitzt und dessen Ergänzung zumeist auch durch von fernher — nach Gärtnerscher Bezeichnung, „von der Seite aus“ — zugeführtes Wasser geschieht*).

Die vorstehenden Thatsachen fordern zu besonderer Beachtung heraus, wenn es sich um die Ermittelung von Beziehungen zwischen Grundwasserstand und Bodenfeuchtigkeit zu gewissen Infektionskrankheiten handelt. Es kommt dabei aber auch wesentlich dasjenige in Betracht, was weiter oben über das zeitliche Verhältnis zwischen Niederschlägen und Grundwasserspeisung durch Sickerwasser dargelegt worden ist.

§ 29. Nachstehend werden einige Beobachtungsergebnisse über Sickerwassermengen mitgeteilt, die durch den aus Bodendrainagen erfolgten Abfluß ermittelt sind**). Aus den Zahlen ist der besondere Einfluß erkennbar, den sowohl das Sättigungsdefizit — d. h. die Jahreszeit — ausübt, als auch derjenige, welcher an die Oberflächenbeschaffenheit des Bodens — ob nackt oder mit Pflanzenbedeckung — anknüpft. Diejenigen Angaben, denen die Ziffer 1 vorangestellt ist, beziehen sich auf „nackten“ Boden, die mit der Ziffer 2 versehenen auf „bedeckten“ Boden. Die Angaben sind in Prozenten der gefallenen Regenhöhe zu verstehen.

Bodenart		Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
Sand	2	80,8	72,3	85,9	94,7	83,2
Sand	2	—	—	—	—	43,0
Sand	2	—	—	—	—	67,2
Sandiger Lehm	1	30,3	1,7	54,1	83,9	42,3
	2	49,7	42,4	27,9	37,7	40,5
Lehmiger Sand	1	—	—	—	—	26,6
	2	—	—	—	—	64,2
Lehm	1	89,7	36,0	32,9	92,0	58,7
	2	43,3	41,0	24,4	32,0	32,8
Lehm	2	52,4	45,6	28,6	29,9	41,0
	2	—	—	—	—	26,5
Thon	1	59,0	21,3	20,9	84,4	40,8
	2	36,1	29,3	26,5	19,0	28,1
	1	—	—	—	—	28,0
Strenger Lehm u. Thon	2	30,1	22,0	46,2	70,9	43,4
Humusreiche Gartenerde	1	6,7	2,1	0,6	4,7	3,1
	2	6,9	4,6	2,8	7,1	5,2
Dolomitischer Boden	1	24,9	7,7	22,8	30,3	19,6
Torfboden	2	64,0	11,0	49,0	99,0	53,0
Durchschnittszahlen		44,15	25,92	32,51	54,28	39,33

Einige der Zahlenreihen bestätigen durchaus die Seite 60 mitgeteilten Versuchsergebnisse der bayerischen forstlichen Versuchsanstalten über den Einfluß,

*) Gärtner, Leitfaden der Hygiene. Berlin 1896.

**) Handbuch der Ingen.-Wissensch. Bd. 3, 1. Abt., 1. Hälfte, auch Lueger, Wasserversorgung der Städte. Darmstadt.

den die Bodenbedeckung übt; andre stehen damit in Widerspruch, was sich wohl aus der unendlichen Mannigfaltigkeit der Bodenbeschaffenheiten genügend erklärt.

Der Jahresdurchschnitt liegt — ganz natürlich — etwas höher, als das bekannte Drittel, welches für größere Gebiete, freilich ohne ausreichende Begründung, angenommen zu werden pflegt.

Setzt man die Summe aus den vier Jahreszeiten = 100, so entfallen von der Jahresmenge der Wasserversickerung auf den

Frühling 28,15%, Sommer 16,52%, Herbst 20,73%, Winter 34,60%.

In der kältesten Jahreszeit ist die Menge des Sickerwassers am größten, in der wärmsten am geringsten. Dagegen verhalten sich die Niederschlagsmengen in Mitteleuropa, wenn man die Gebirgslagen ausnimmt, umgekehrt. Es kommt daher in den obigen Verhältniszahlen die oben erörterte, beim Einsickern des Wassers in den Boden stattfindende Verzögerung zum prägnanten Ausdruck. Der Beweis gewinnt durch die Thatsache an Sicherheit, daß im Winter der Bodenfrost für eine mehr oder weniger lange Reihe von Tagen die Einsickerung ganz unterbricht. Anderseits ist aber zu beachten, daß in der wärmeren Jahreszeit durch die Vegetation beträchtliche Wassermengen, sei es zum Aufbau der Pflanzen, sei es durch die Verdunstung von der Oberfläche der Blätter, Halme u. s. w., aufgezehrt werden.

§ 30. Den größten Wasserverbrauch haben Gras und andre Futterkräuter, doch nur etwas geringeren die sogen. Halmfrüchte. Nach Risler ist der Verbrauch an Wasser pro Tag:

Für Wiesen und Kleefelder . .	3,4—7,0 mm	= 5,2 mm	im Mittel
„ Hafer	3,0—5,0 „	= 4,0 „	„ „
„ andre Halmfrüchte . . .	2,8—4,0 „	= 3,4 „	„ „
„ Wald	0,5—1,1 „	= 0,8 „	„ „

Der Verbrauch ist aber, je nach der Verschiedenheit der Vegetationsperiode, sehr wechselnd; am größten wird der Wechsel bei den Halmfrüchten sein. Bei Wiesen hört der Verbrauch auch im Winter nicht auf, und es liegt bei diesen auch die längste Sommerwachstumsperiode vor. Rechnet man dem entsprechend bei Wiesen auf eine 200tägige Wachstumsperiode, so würde der für das Jahr durch den Pflanzenwuchs sich ergebende Wasserverbrauch eine 200 . 5,2 = 1,040 m hohe Wasserschicht sein.

Aehnliche, und wohl besser beweisende Zahlen erhält man, wenn der Wasserverbrauch auf das Ernteergebnis bezogen wird. Nach Versuchen von Lawes und Gilbert wurden erfordert zu einer Ernte von je 1 kg:

bei den Halmfrüchten Weizen und Gerste . .	269 bezw. 286 kg, im Mittel	277 kg
„ Klee .		314 „

Nun ergeben sich auf Rieselfeldern Grasernten von 50 000—60 000 kg in einem Jahr und pro 1 ha, welche, wenn man Uebereinstimmung des Wasserbedarfs etwa mit Klee annehmen darf, einen Wasserbedarf von rund

$$300 \times 50\,000 \text{ kg} = 15\,000 \text{ cbm},$$

d. h. pro 1 qm Bodenfläche 1,5 cbm, die einer Schichthöhe von 1,5 m gleichkommt, erfordern würden.

Dies sind Zahlen, die nach v. Wolff kaum zu hoch erscheinen, da nach diesem Autor der Wasserverbrauch auf einem Getreidefeld von 1 ha Größe in vier- bis fünfmonatlicher Dauer vielleicht 4000 cbm betragen kann; dies entspricht einer Wasserschichthöhe von 0,4 m.

Zahlen wie die hier mitgeteilten beweisen eben nur im allgemeinen, daß durch Pflanzenwuchs dem Boden sehr bedeutende Wassermengen entzogen werden, derselbe also in hohem Maße trocknend auf den Boden, sogar absenkend und

regelnd auf den Stand des Grundwassers im Boden wirkt. Aber diese günstige Wirkung unterliegt in zeitlicher Hinsicht großen Wechseln und weist auch sonst große Unbestimmtheiten auf. Wollny*) fügt seiner Ansicht: „daß die verdunsteten Wassermengen der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen den durch die Niederschläge ihnen zugeführten sehr nahe stehen", entsprechend, die Bemerkung hinzu: „daß nach den Ergebnissen der sämtlichen Versuche nicht zu leugnen sei, daß die Wasserentnahme der Pflanzen für Ernährung und Transpiration unter sonst gleichen Verhältnissen in erheblicher Weise von der Dichtheit des Pflanzenstandes und dem Grade der Entwickelung der Organe abhängig sei. Berücksichtige man außerdem die übrigen Momente (Licht, Wärme, Bodentemperatur, Luftströmungen, Feuchtigkeitsgehalt der Luft und des Bodens, Verteilung und Größe der Niederschläge, Entwickelungsstadium u. dergl.), welche den Wasserhaushalt der Pflanzen zu verschiedenen Zeiten beherrschen, so könne von dem Bestreben, das absolute Wasserbedürfnis der Kulturgewächse ausfindig zu machen, Uebereinstimmung selbst innerhalb weit gesteckter Grenzen nicht erwartet werden."

§ 31. Ueber die wasserbindende Kraft des Bodens (S. 59) scheinen bisher nur wenige Feststellungen vorzuliegen. Dieselbe wird angegeben:

für Sand . .	zu 25	Gewichtsprozenten des Bodens.
„ Thon . .	„ 70	„ „ „
„ Humus . .	„ 180	„ „ „
„ Torf . .	„ 800	„ „ „

Wegen der bloß allgemeinen Definition der Bodenart sind diese Zahlen nur als Relativzahlen verwendbar. Sie erweisen nur den Zusammenhang der wasserbindenden Kraft mit der Größe des Porenvolumens.

Im Anschluß hieran seien auch einige Zahlen über die Wasserkapazität verschiedener Bodenarten und Gesteine (S. 60) mitgeteilt.

Sandstein, nach dem Ursprung wechselnd,	von 6—400 l	pro 1 cbm
Dolomit, „ „ „ „	„ 15—221 l	„ „ „
Kalkstein, „ „ „ „	„ 15—322 l	„ „ „
Kreide, „ „ „ „	„ 144—440 l	„ „ „
Mittelkies, < 7 mm Korn	367 l	„ „ „
Feinkies, < 4 „ „	360 l	„ „ „
Grobsand, < 2 „ „	360 l	„ „ „
Mittelsand, < 1 „ „	396 l	„ „ „
Feinsand, < 0,25—0,33 mm Korn	420 l	„ „ „
Stark thoniger Boden	464 l	„ „ „
Flammenmergel	475 l	„ „ „
Liasmergel	475 l	„ „ „
Humusarmer Boden mit hohem Anteil von Thon	481 l	„ „ „
Desgl. sehr feinkörniger, lehmig-sandiger Boden	553 l	„ „ „
Dunkelfarbiger, humoser, kalkiger Lehm-Sandboden	568 l	„ „ „

Um eine allgemeine Schlußfolgerung aus alledem zu ziehen, was im vorstehenden über Boden mitgeteilt ist, kann gesagt werden, daß sowohl in direkter gesundheitlicher Beziehung als mit Rücksicht auf die Benutzung zur Wasserreinigung der stark poröse, tiefe, quarzreiche Sandboden vor den kompakteren Bodenarten, wie Lehm u. s. w., große Vorzüge besitzt, und daß die Vorzüge porösen Bodens um so mehr schwinden, je mehr die Porosität abnimmt.

*) Wollny, Untersuchungen über die Wasserverbrauchsmengen der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen u. s. w. Forschungen aus dem Gebiete der Agrikulturphysik. Bd. 4 (1881).

2. Kapitel.

Bodenverunreinigung.

§ 32. Gesundheitsschädigungen, welche von verunreinigtem Boden drohen, können sich in verschiedener Weise zeigen:

a) Einige Infektionskrankheiten können vom Boden ihren Ausgang unmittelbar nehmen.
b) Aus verunreinigtem Boden können Infektionserreger in offene Gewässer sowohl als in das Grundwasser geführt werden und so mittelbar Infektionen erzeugen.
c) Aus anderweiten, dem Boden mitgeteilten Verunreinigungen können Stoffe der anorganischen Natur in offene und unterirdische Gewässer gelangen, welche den Genuß oder den anderweitigen Gebrauch des Wassers gesundheitsschädlich machen, oder auch seine Gebrauchsfähigkeit für sonstige Zwecke aufheben.
d) In verunreinigtem Boden entstehen spezifische Gifte, welche den Weg zum Menschen unmittelbar oder mittelbar finden können.
e) Bodenverunreinigung ist der allgemeinen Reinlichkeitspflege abträglich.

Zu a. Es sind einige Infektionserreger bekannt, deren mehr oder weniger beständiger Sitz der verunreinigte Boden ist; dies sind zunächst die Protozoen der Malaria. Die Protozoen rechnen einer Gattung von Kleinwesen zu, welche eine höhere Organisation als die eigentlichen Bakterien (einzellige Gebilde) besitzt, die aber noch nicht genau umschrieben zu sein scheint. Zwar sind die Malaria-Protozoen bisher im Boden nicht aufgefunden worden; doch liegen Beweise in ausreichender Zahl vor, nach denen sie vom Boden ihren Ausgang nehmen müssen.

Der Bazillus des Wundstarrkrampfes (Bac. tetani) kommt in der oberen Schicht insbesondere von Gartenboden vor; ob er hier aber vermehrungsfähig ist, scheint noch nicht sicher festgestellt zu sein.

Gleichfalls in gedüngtem Boden hat der Bazillus der Wassergeschwulst (Bac. Oedematis) seinen Sitz.

Wenn gewisse Lebensbedingungen, die sich insbesondere auf Temperatur und Feuchtigkeit beziehen, im Boden erfüllt sind, können in demselben sich auch die Bazillen der Cholera und des Typhus eine Zeit lang halten und sich vielleicht dort auch vermehren.

Uebrigens ist das Vorkommen der vier hier genannten Bakterienarten auf die oberste Bodenschicht, eine nur dünne Lage an der Oberfläche, beschränkt, da schon in geringer Tiefe unter der Bodenoberfläche ihre Daseinsbedingungen nicht mehr erfüllt sind.

Vom Boden ausgehend können der Milzbrandbazillus und der Eingeweidewurm (Anchylostima duodenale) Infektionen bewirken.

Zu b genügt der Hinweis, daß die nahe an der Bodenoberfläche befindlichen Mikroben aller Art sowohl mit Staub, als durch den Abfluß des Oberflächenwassers in offene Rezipienten geführt werden, außerdem auch durch Gänge von Ungeziefer, Erdbrüche und Spalten zuweilen Gelegenheit finden können, in offenes Wasser zu gelangen, welches als Trinkwasser dient, oder zu andern Gebrauchszwecken benutzt wird.

Zu c. In den Abfallstoffen des Hauses ist eine Reihe von Stoffen enthalten, welche, vermittelst des Bodens in Trink- und Brauchwasser gelangend, die Beschaffenheit desselben mehr oder weniger schädigen. Es gehören dahin Kalium-, Natrium-, Schwefel-, Chlor- und Kohlenstoffverbindungen, welche zwar, in geringen Mengen

zugeführt, das Wasser nicht nachteilig verändern, in größeren Mengen dagegen als schädlich gelten. Auch kann durch Zuführung einiger dieser Stoffe die Härte des Wassers vermehrt werden; in diesem Sinne können z. B. Schwefel- und Kohlenstoffverbindungen wirken, wenn zur Härtebildung geeignete Stoffe im Boden oder im Wasser vorhanden sind. Kohlensäure kann das Wasser eisenhaltig machen. Uebrigens ist die Thatsache anzumerken, daß Kochsalz und schwefelsaure Salze vom Boden mit einer gewissen Energie zurückgehalten werden, also jedenfalls erst nach längerer Zeit ins Grundwasser gelangen. Wenn daher solche Stoffe zu Zeiten in größeren Mengen in Grund- und Brunnenwassern angetroffen werden, so ist zu schließen, daß der Zeitpunkt, zu dem die Stoffe in den Boden gelangten, d. h. die Verunreinigung desselben stattfand, weit zurückliegt.

Zu den Punkten d und e kann im allgemeinen auf dasjenige verwiesen werden, was über Giftbildungen in Abfallstoffen, ihre Verbreitung und Gefährlichkeit auf S. 51 und dasjenige, was über Beeinträchtigung der allgemeinen Reinlichkeit auf S. 53 mitgeteilt ist. Doch bleiben über die besondere Rolle, welche der Kohlensäure des Bodens zukommt, einige Bemerkungen nachzutragen.

§ 33. Der CO_2-Gehalt des Bodens wird häufig als Maßstab für die Größe der Zersetzungsvorgänge, welche in demselben vor sich gehen, angesehen, doch nicht ganz mit Recht. Denn es wird zwar im allgemeinen die Menge der CO_2 mit der Thätigkeit der Fäulnisbakterien bei der Zersetzung von Faulstoffen wachsen und abnehmen. Es ist jedoch zu beachten, daß die an einer gewissen Stelle erzeugte Menge von CO_2 nicht an dieser Stelle bleibt, sondern durch die Bewegung der Bodenluft mit dieser sowohl in größere Tiefen hinabgeführt, als auch in wagrechtem Sinne zu andern Stellen verbreitet werden kann. Ebenfalls wird durch Einsickern von Wasser CO_2 zu größeren Tiefen hinabgerissen. Demnach sehen wir regelmäßig, daß der CO_2-Gehalt der Grundluft mit der Tiefe in starkem Verhältnis zunimmt und übrigens in der Grundluft nahe der Oberfläche in weiten Grenzen wechseln kann; selbst an sehr nahe zusammenliegenden Stellen werden große Verschiedenheiten in dem CO_2-Gehalt angetroffen. Zum Teil wirken dabei auch chemische Umbildungen, die im Boden stattfinden, mit, und zwar können dieselben sowohl Vermehrung als Verminderung der CO_2 zur Folge haben.

Hierzu ein Beispiel, welches von Smolensky in der Zeitschr. für Biologie Bd. IX mitgeteilt ist. Es wurden in den drei Ecken eines gleichseitigen Dreiecks von nur 4 m Seitenlänge, und an einem 60 m davon entfernten Punkte in gleichen Tiefen folgende CO_2-Mengen in der Grundluft angetroffen (Liter auf 1000):

	1.	2.	3.	4. Punkt
I. Versuchsreihe	41,63	62,98	39,28	70,42
II. Versuchsreihe	54,07	62,16	49,48	77,73

Dem Wechsel des CO_2-Gehalts der Grundluft entsprechen große Verschiedenheiten in der Zusammensetzung derselben. Während die Grundluft nahe unter der Oberfläche die Bestandteile der atmosphärischen Luft in gleichem Verhältnis wie diese aufweist, nimmt mit der Tiefe der Sauerstoffanteil immer mehr ab, und der Kohlensäuregehalt zu. Wenn auch dieser Ursache keine andern hinzuträten, würde die Erscheinung erklärt sein, daß die Luft in tief eintauchenden Kellerräumen einen höheren Gehalt an CO_2 aufweist, als die der über Tage liegenden Räume. In größerer Tiefe des Bodens kann der Sauerstoffgehalt der Grundluft bis auf Null herabgehen. Daraus finden Erstickungsfälle ihre Erklärung, welche bei in tiefe Brunnen hinabsteigenden Arbeitern mehrfach vorgekommen sind. In größeren Bodentiefen kann der CO_2-Gehalt der Grundluft auf 50 % und noch darüber steigen. In der Grundluft von Ackerboden werden (nach Gärtner, a. a. O.) bis zu 15 %, in

solcher sterilen Wüstenbodens bis etwa 0,09 % Kohlensäure angetroffen. Von derartigen Veränderungen in der Zusammensetzung der Grundluft wird auch das Grundwasser beeinflußt; in dem im Grundwasser enthaltenen Gasgemenge wird ebenfalls ein geringerer Anteil von Sauerstoff als in der atmosphärischen Luft angetroffen.

§ 34. Eine Schädigung der Bodenbeschaffenheit durch Schmutzstoffe, die nach mehreren Richtungen hin ungünstige Folgen äußert, liegt schon darin, daß als Wirkung der leimenden Substanzen, welche in Abfallstoffen enthalten sind, die Poren der oberen Bodenschicht verstopft werden. Diese Schicht wird dadurch für den Durchgang von Luft und Wasser unzugänglicher, für die Aufnahme von Wärme dagegen empfänglicher. Durch alle drei Aenderungen wird Entstehung und Verlauf von Fäulnis im Boden begünstigt.

Indem mit der Menge der Abfallstoffe, die dem Boden zugeführt werden, die Menge der Bakterien zunimmt und fällt, könnte die in einer Bodenprobe angetroffene Zahl der Bakterien einen Maßstab für die stattgefundene Verunreinigung abgeben. Dieser Maßstab ist jedoch zu ungenau. Es finden sich in jedem Boden — — wenigstens in jedem Boden, der Kulturen trägt — Bakterien, und es ist die Existenzmöglichkeit der Bakterien, sowie ihre Vermehrung, außer von der Gegenwart von organischen Stoffen an die Erfüllung verschiedener Bedingungen, besonders physikalischer Natur (Licht, Wärme, Feuchtigkeit u. s. w.) geknüpft. Deshalb können, selbst bei voller Uebereinstimmung in dem Verunreinigungszustande zweier, an verschiedenen Stellen entnommenen Bodenproben sich große Ungleichheiten in dem Bakteriengehalt derselben ergeben.

§ 35. Ein ziemlich klares Bild von dem Verunreinigungszustande einer Bodenprobe liefert dagegen der chemische Befund.

Um Bodenproben verschiedener Herkunft auf ihre Verunreinigung sicher beurteilen zu können, müssen dieselben, übereinstimmend, entweder unmittelbar an der Oberfläche, oder aus gleichen Tiefen unter der Oberfläche entnommen sein, da die Erfahrung lehrt, daß Abfallstoffe im allgemeinen nicht tief in den Boden eindringen und daß vermöge der Zurückhaltung, welche der Boden infolge seiner Filterkraft ausübt, die Verunreinigung mit der Tiefe abnimmt. Die Eindringungstiefe hängt teils von der Bodenstruktur, teils von der Form der Abfallstoffe ab. Was den Einfluß des erstgenannten Faktors betrifft, so beobachtet man, daß die Eindringungstiefen, wenn diejenige bei Thonboden = 1 gesetzt wird, bei:

Lehmboden = 2, lehmigem Sand = 3, grobem, reinem Sand = 7 ist.

Da nun auch der Boden auf einige organische sowohl als anorganische Stoffe, die in Abfallstoffen vorkommen — wie z. B. Ammoniak, Kali, Magnesia, Phosphorsäure und eiweißhaltige organische Stoffe — stark bindend (zurückhaltend) wirkt, während andere Stoffe gleichen Ursprungs, wie Natron, Kalk, Chlor, salpetrige und Salpetersäure, Fette u. s. w., weniger zurückgehalten werden, so reicht die Bodenverunreinigung durch Abfallstoffe, die von oben zugeführt sind, meist nur in geringe Tiefen hinab, und werden davon in 5—6 m Tiefe gewöhnlich nur noch schwache Spuren, und zwar in Umbildungen, nur als Reste „vorhergegangener“ Verunreinigungen, angetroffen.

Die Größe der Verunreinigung wird beurteilt aus den angetroffenen Mengen a) der sogen. organischen Substanz, die ein Gemisch verschiedener Stickstoff- und Kohlenstoffverbindungen ist; b) des Ammoniaks, des Stickstoffs, des Chlors, der salpetrigen Säure und der Salpetersäure. Ein ungefähres Bild liefert der sogen. Glühverlust, d. h. derjenige Teil der Gesamtmenge der Fremdstoffe, welcher beim Glühen verflüchtigt wird. Das Bild ist jedoch unscharf, weil beim Glühen auch einige mineralische Stoffe flüchtig werden.

Aehnlich unbestimmt ist das Ergebnis der Untersuchung auf den Anteil an organischer Substanz, die mittels der sogen. Chamäleonprobe ausgeführt wird, indem man bestimmt, wie viel Gewichtsteilen übermangansaurem Kali (Kaliumpermanganat $= KMnO_4$) durch die in einer bestimmten Bodenmenge enthaltene organische Substanz, vermöge der Oxydation derselben, der Sauerstoff entzogen wird. Anstatt der Angabe der Menge des verbrauchten $KMnO_4$ erfolgt zuweilen auch die Angabe des in der Menge desselben enthaltenen Sauerstoffs, welche aus der Relation ermittelt wird:

$$O = \frac{KMnO_4}{3{,}95}, \text{ woraus umgekehrt } KMnO_4 = 3{,}95 \,.\, O.$$

Betreffende Angaben in Analysen sind entweder auf Milligramm pro 1 l = Gramm pro 1 cbm oder auf 100 000 Gewichtsteile des untersuchten Körpers bezogen. Es besteht, wie leicht erkennbar, unter diesen Angaben das Verhältnis:

x Gewichtsteile pro 100 000 = 10 . x mg pro 1 l = 10 . x g pro 1 cbm.

Während die Angabe in Milligramm für 1 l für Wasser die fast allgemeine ist, werden Angaben für Boden gewöhnlich auf 1 kg oder auch 1 cbm, bezw. 1 ccm oder 1 g bezogen. Angaben von Bakterienzahlen und Keimen in Wasser gelten fast immer für 1 ccm.

Eine zuweilen vorkommende gesonderte Angabe der in der organischen Substanz enthaltenen organischen Stickstoff- und organischen Kohlenstoff-Menge ist wenig scharf und wird auch nur selten ausgeführt.

Angaben der Analyse über die vorgefundene Ammoniakmenge werden neuerdings zuweilen gesondert in flüchtiges Ammoniak (NH_3) und Albumenoid-Ammoniak; letzteres ist an Eiweißkörper gebundenes Ammoniak, welches neben dem in flüchtiger Form nachgewiesenen in der Probe vorhanden ist.

Das schärfste Bild einer von Abfallstoffen tierischer Herkunft herrührenden Bodenverunreinigung ergiebt die angetroffene Menge von organischem Stickstoff. Derselbe kann in mehreren Formen vorhanden sein: in der organischen Substanz, im Ammoniak, in der salpetrigen Säure (den Nitriten) und in der Salpetersäure (den Nitraten). —

Was zunächst die Abnahme der Verunreinigung mit der Bodentiefe anbetrifft, so werden darüber hier folgende drei Zahlenreihen mitgeteilt:

Fodor fand bei mehreren hundert Aufgrabungen in Budapester Boden, Milligramm in 1 kg:

Tiefe	Organ. N	Organ. C	Ammoniak (NH_3)	Salpetrigsäure (HNO_2)	Salpetersäure (HNO_3)
1 m	403	4670	12,8	0,98	140
2 „	321	4810	10,2	1,14	155
4 „	210	2900	7,3	1,14	177

In Rigaer Boden wurden noch viel stärkere Verunreinigungen ermittelt, wie folgende Zahlen ergeben:

Tiefe		Organ. N	Organ. C	Ammoniak (NH_3)	Salpetrigsäure (HNO_2)	Salpetersäure (HNO_3)
In der Petersburger Vorstadt	1,0 m	584	19130	106	13,3	209
	2,5 „	177	6280	52	7,3	29
	4,5 „	113	8590	35	2,7	22
Im Innern der Stadt	1,0 m	1016	27110	45	7,0	114
	2,5 „	1231	25520	110	3,0	55
	4,5 „	1164	39010	5	1,6	64

Sowohl die Budapester als die Rigaer Zahlen stellen sehr bedeutende Verunreinigungen dar, welche nur durch ungewöhnliche Verhältnisse erklärt werden können. Solche sind einerseits in mangelhafter Reinlichkeitspflege, anderseits in der Bodenbeschaffenheit beider Städte zu erkennen. Der Boden in Budapest ist grober, stark durchfeuchteter Kies, der Boden in Riga lockerer, etwas eisenschüssiger Sand, aus Feldspath, Glimmer und Hornblende (den Bestandteilen des Granits) bestehend.

Beide Beobachtungen zeigen, daß in durchlässigem Boden die Verunreinigungen in beträchtliche Tiefen eindringen können.

Die Zusammensetzung verunreinigten Bodens im Vergleich zu reinem (Normal-Boden) zeigen folgende Angaben.

Wolffhügel fand in Münchener Boden:

Herkunft der Bodenproben	In kaltem Wasser lösliche Stoffe					In kaltem Wasser unlösliche Stoffe	
	Insgesamt	Organ. Substanz	Glühverlust	Chlor	Salpetersäure	Glühverlust	Stickstoff (N)
	Gramm in 1 cbm					Gramm in 1 cbm	
1. Boden normaler Beschaffenheit aus der Nähe des Physiolog. Instituts, aus 3,7 m Tiefe entnommen	211	118	52	10	12	1504	14
2. Desgl. aus der Nähe von sechs Abtrittgruben aus 2,4 m Tiefe entnommen (Mittelzahlen) . .	603	1257	185	110	19	5461	60
3. Desgl. aus der Nähe einer Düngergrube (4,5 m Entfernung) aus 2,3 m Tiefe entnommen .	4710	2330	1500	330	460	39772	956
4. Desgl. hinter Kanalwänden, an neun Stellen aus 3,6 m Tiefe entnommen	217	93	91	21	18	3356	55

Fodor ermittelte an Budapester reinem und verunreinigtem Boden, und zwar in 1 kg getrocknetem Boden, Milligramm:

	Reiner Boden			Verunreinigter Boden		
	Organ. N	Ammoniak (NH_3)	Salpetersäure (HNO_3)	Organ. N	Ammoniak (NH_3)	Salpetersäure (HNO_3)
Probe 1	17,0	2,1	32	2437	426,4	0
„ 2	33,0	2,0	48	1098	204,7	0
„ 3	72,0	4,1	216	1112	202,0	0
Eine große Reihe von Proben .	68,6	6,9	121	1132	33,5	217
	Mittel aus den 67 reinsten Bodenproben.			Mittel aus den 40 am meisten verunreinigten Bodenproben.		

Fleck fand im Dresdener Straßengrunde bei 28 Proben in 1 kg zwischen 20 und 2180 mg organischen N und im Mittel 30—40 mg Ammoniak, Flügge desgleichen in drei Proben Berliner Straßengrundes 1040, 1220 und 1770 mg, und im Leipziger Straßengrund, gleichfalls ähnlich, bezw. 1040, 1210 und 2450 mg organischen N.

Die obigen Zahlen sind geeignet, die Größe der Einwirkung besonderer Faktoren, wie z. B. die Nähe von Dünger- und Abortsgruben, erkennen zu lassen. Sie erweisen ferner, daß der Boden unter städtischen Straßen allgemein stark verunreinigt ist, weil hier Anhäufung der Schmutzstoffe stattfindet, teils als Folge dauernden Eindringens sowohl in trockenem als feuchtem Zustande, teils weil infolge der geringen Zugänglichkeit für Luft die Mineralisierung der im Straßengrunde vorhandenen Schmutzstoffe besonders lange Zeit erfordert. Den höchsten Grad von Verunreinigung erweist der Straßengrund unter den Standplätzen des öffentlichen Fuhrwerks — weil die flüssigen Abgänge der Pferde ganz besonders ammoniakreich sind — wenn nicht Belegung dieser Plätze mit wasserundurchlässigem Pflaster erfolgt.

Die oben mitgeteilten Zahlen Wolffhügels — wie auch von andern Autoren ausgeführte Feststellungen — erweisen ferner die sehr bemerkenswerte Thatsache, daß unter gut gebauten Straßenkanälen eine Bodenverunreinigung kaum stattfindet, jedoch das Gegenteil bei Boden in der Umgebung von Abortsgruben der Fall ist. Die Gründe dieser Erscheinung werden an späteren Stellen klargelegt werden. Daß indeß die günstigen Beobachtungsresultate Wolffhügels nicht auf mangelhaft gebaute Kanäle übertragen werden dürfen, zeigen Ermittelungen Feichtingers für Münchener Boden und Fodors an Budapester Kanälen*). Die Zahlen Fodors folgen hier; sie geben Milligramm für 1 kg Boden:

Bodenproben entnommen	Organischer N	Organischer C
Ueber Kanälen	47	1344
	73	4066
Unter Kanälen	5043	6882
	5182	51400

Boden in 1, 2 und 4 m Tiefe unmittelbar an Häusern entnommen mit verschiedener Bewohnungsdichte enthielt:

31 Häuser,	Bewohnerzahl	bis 50,	organischer N	249 mg	in	1 kg
47 „	„	50—100,	„ „	329 „	„	1 „
21 „	„	100 u. mehr,	„ „	426 „	„	1 „

Diese Zahlen bilden ein schlagendes Beispiel für die Thatsache, daß mit der Bewohnungsdichte auch die in den Boden gelangende Menge von verunreinigenden Stoffen zunimmt (vergl. die Erörterungen S. 27 ff.).

§ 36. Es liegt an dieser Stelle ein kurzer Vergleich nahe über die früher oft überschätzte Bodenverunreinigung durch Friedhöfe. Vielfache in der neueren Zeit ausgeführte Untersuchungen haben das Irrige dieser Ansicht ergeben, was sich im übrigen auch rechnungsmäßig leicht nachweisen läßt: Es scheidet eine Person täglich in den Dejekten 10—12 g Stickstoff aus; bei 12 g im Jahre 4,38 kg. Es kommt dieser Menge der in den Abfällen der Speisenbereitung vorhandene Stickstoff, ferner derjenige, der im Dünger der Haustiere, der Vögel, im Straßenschmutz u. s. w. enthalten ist, hinzu, welchen man nicht viel geringer als den in den Ausscheidungen des Menschen enthaltenen anzunehmen hat. Rechnet man 75 %, so würde die auf einen Kopf entfallende Jahres-Stickstoffmenge rd. 7,5 kg sein. Es werde angenommen, daß hiervon, sei es durch Abfuhr, sei es durch Abschwemmung, reichlich die

*) Pettenkofer, Das Kanal- u. Sielsystem in München. München, 1869.

Hälfte entfernt wird, so hat der Boden in der Nähe der Wohnstätten pro Kopf und Jahr 3,5 kg aufzunehmen. Ist nun 1 ha des Stadtgebietes von 200 Menschen bewohnt, so ergibt dies 700 kg Stickstoff, der dem Stadtboden einverleibt wird.

Nimmt man anderseits die hohe Sterblichkeitsziffer von 30 pro Tausend an, so ergiebt dies für 200 Bewohner sechs Sterbefälle im Jahr; mit derselben werden je 1,5 kg Stickstoff dem Friedhofe zugeführt. Dieselben verteilen sich bei ordnungsmäßiger Begräbnisweise auf eine Grabstellenfläche, die man zu $6 \times 3{,}5$ oder 20 qm annehmen kann, und bei einem Begräbnisturnus von nur 15 Jahren auf 15 Jahre. In diesem Zeitraum empfängt der Friedhof von 200 Stadtbewohnern $15 \times 6 = 90$ Leichen und $90 \times 1{,}5 = 135$ kg Stickstoff, auf $\frac{90}{6} \cdot 20 =$ 300 qm Fläche, also auf 1 ha Fläche $\frac{10\,000}{300} \cdot 135 = 4495{,}5$ kg. Die Zuführung beträgt daher in einem Jahr $4495{,}5 : 15 = 300$ kg.

Verglichen mit der Stickstoffmenge von 700 kg, die 1 ha in mittlerer Dichte bewohnten Stadtgebiets aufzunehmen hat, sind dies nur 43 %, und diese Zahl hat sich unter sehr ungünstigen Annahmen, was die Friedhofs-Ausnutzung betrifft, ergeben, unter im allgemeinen günstigen, was die Bewohnungsdichte in der Stadt und die Sterblichkeit betrifft. Man kann daher annehmen, daß unter mittleren Verhältnissen die Verunreinigung, die der Friedhofsboden erfährt, erheblich geringer als die des Stadtbodens ist.

§ 37. Es kann die Aufgabe gestellt sein, stark verunreinigten Boden in kurzer Frist wieder zu reinigen; dann bietet sich nur die Anwendung sogen. künstlicher Mittel, und handelt es sich um Maßregeln, die streng genommen, dem Gebiete der Desinfektion angehören. Ohne hier vorzugreifen, sollen doch die Verfahren kurz mitgeteilt werden, welche in ein paar besonderen Fällen — die sich aber leicht wiederholen können — angewendet worden sind. In dem einen Fall handelte es sich um die Reinigung einer beträchtlichen Menge von stark verunreinigtem Schlamm, der aus einem Kanal ausgehoben war. Im andern Fall war der schlammige Grund in dem Becken eines größeren Teiches zu reinigen.

Nach einer Mitteilung in der Revue hygiene 1894 war das Verfahren im ersten Falle folgendes: Der Schlamm wurde von der Kanalsohle mittels eines pneumatischen Baggers auf das Ufer gefördert, und es ward demselben schon während der Hebung Eisenvitriol in der Menge von 0,5 kg auf 1 cbm zugesetzt, wodurch Geruchlosigkeit erzielt ward. Man entleerte den Schlamm in große Bassins und setzte demselben dabei Aetzkalk in der Menge von 1 kg auf 1 cbm zu.

Anders war das bei der Reinigung des Teichgrundes zur Anwendung gebrachte Verfahren: Man schöpfte das Wasser bis auf eine 15 cm hohe Schicht aus, und schüttete alsdann in die etwa 2500 cbm ausmachende Schlammmenge zunächst 300 kg Eisenvitriol und kurz darauf 800 kg Kalkmilch. Nach zwei Tagen entfernte man das überstehende Wasser und schüttete alsdann auf den Schlamm so lange Eisenvitriol und Kalkmilch, bis der Geruch völlig aufgehört hatte. Alsdann ließ man den Schlamm an freier Luft trocknen, um ihn erst später zu entfernen.

Einen ausreichenden Erfolg beider Verfahrungsweisen konnte man in der Thatsache erblicken, daß unter den bei beiden Ausführungen angestellten zahlreichen Arbeitern kein Erkrankungsfall vorkam.

Um der Bodenverunreinigung durch Leichenstoff zu steuern, werden die Leichen mit Aetzkalk beschüttet, der in doppelter Weise wirksam ist: er nimmt große Mengen Feuchtigkeit auf und vernichtet niederes mikroskopisches Leben.

Bei geringeren Bodenmassen, wie sie z. B. als Deckenfüllmaterial Verwendung finden, benutzt man zur Reinigung mit Vorteil Wärme. Handelt es sich nur um kleine Mengen, so genügt Erhitzen, welches aber bis zu reichlich 40° fortgesetzt werden muß, auf einer Eisenplatte, unter der ein Feuer brennt. — Für Reinigung größerer Mengen empfiehlt sich ein mehr vollkommener Apparat, der anstatt der Platte einen doppelwandigen Eisencylinder benutzt. Der Cylinder, dessen beide Wände einen Hohlraum einschließen, wird etwas geneigt gelagert und hat auf dem einen Ende der Achse einen Kurbel- oder Zahnrad-Antrieb und in dem inneren Cylinder eine Schraube, welche den am oberen Ende eingefüllten Boden nach unten schiebt, wenn die Schraube in Umdrehung versetzt wird. Am unteren Ende angelangt fällt der Boden auf eine Eisenplatte, unter der die — eingeschlossene — Feuerung liegt, deren Rauchgase durch den äußeren Hohlraum der beiden Cylinder geleitet werden. Eine genaue Beschreibung nebst Abbildungen dieses, von Kessler angegebenen Apparats ist im Centralblatt der Bauverwaltung 1889 mitgeteilt.

3. Kapitel.

Selbstreinigung des Bodens.

§ 38. Die durch die Thätigkeit physikalischer Faktoren und der Mikroben erfolgende Zersetzung der organischen Stoffe bildet, wenn deren Endprodukte mineralischer Natur (Wasser, Kohlensäure, Salpetersäure) sind, einen Vorgang, der als Selbstreinigung des Bodens bezeichnet wird, und der sich unter gewissen Voraussetzungen immer vollzieht, bald in kürzerer, bald erst in längerer Dauer, zum Teil in der oberen, zum Teil auch erst in der tieferen Schicht zu Ende gelangt. Die selbstreinigende Kraft des Bodens äußert sich aber, je nach der Natur der Stoffe, in verschiedenen Richtungen. Wenn organische Stoffe mit Flüssigkeiten in den Boden gelangen, so werden die in Suspension vorhandenen Fremdstoffe gewissermaßen abgesiebt, d. h. durch Adhäsions- und Kapillarwirkung schon in der oberen Schicht zurückgehalten. Daneben werden aber auch in Lösung befindliche organische Stoffe aus der Flüssigkeit abgeschieden, wie Farb- und Riechstoffe, sowie Gifte. Blut, Harn, Küchenabwässer u. s. w. werden durch Filtration im Boden entfärbt, bezw. geruchlos gemacht, Gifte organischen Ursprungs entgiftet. Selbst Jauche aus tierischem Dünger kann durch Filtration farblos und klar gemacht werden (wie schon 1836 durch Bronner experimentell erwiesen ist). Diese Fähigkeit des Bodens kann bei der Ackerdüngung u. s. w. täglich wahrgenommen werden und findet auch spezielle Anwendung in den sogen. Erdklosetts.

Mit einer gewissen Energie hält der Boden Ammoniak, Kali, Magnesium, Phosphorsäure, Kieselsäure, in viel geringeren Mengen Natron, Chlor, Calcium, salpetrige Säure und Salpetersäure zurück. Ackerkrume hat eine besondere Fähigkeit, Ammoniak und Kalisalze zu binden.

Den bestimmenden Einfluß, den bei diesem Vorgange die Boden-Beschaffenheit übt, den man sich im ganzen wohl mit der Flächenanziehung zu erklären hat, welche die relativ großen Bodenpartikel auf die in feinster Verteilung befindlichen Fremdstoffe ausüben, mag man aus der Angabe erkennen, daß, wenn die Ammoniakmenge, welche von einem Gewichtsteil Sandboden gebunden wird, = 1 gesetzt wird, alsdann die von andern Bodenarten gebundenen Ammoniakmengen folgende sind:

Bei Lehm und lehmigem Sandboden	4,3
„ Torfboden	5,6
„ Thonboden	6,7

Außer durch Flächenanziehung wirkt der Boden zurückhaltend auf Fremdstoffe, die ihm nicht in Lösungen, sondern in der Form von Schwebestoffen zugeführt werden. Diese Filterwirkung des Bodens ist um so größer, entweder je feinkörniger der Boden, oder je inniger derselbe aus groben und feinen Körnern gemischt ist. Die abgefilterten Fremdstoffe verbleiben je nach der Kornbeschaffenheit nahe an der Bodenoberfläche, oder werden zu etwas größeren Tiefen hinabgeführt.

Was den endlichen Verbleib der gebundenen, sowohl als der abgefilterten Stoffe betrifft, so unterliegen dieselben der Umbildung durch Zersetzung, vermöge biologischer, chemischer und physikalischer Prozesse; Teile davon werden vom Pflanzenwuchs aufgenommen. Die aufgenommenen Stoffe bilden die sogen. Aschenbestandteile der Pflanzen, zu welchen Phosphor, Schwefel, Kali, Calcium, Magnesium u. s. w. Beiträge liefern. Die Aufnahme geschieht entweder unmittelbar, oder erst nachdem durch das Zusammenwirken verschiedener Ursachen die genannten Stoffe in die geeigneten Formen übergeführt — präformiert — worden sind. Ein andrer Teil der Fremdstoffe des Bodens wird flüchtig und noch ein andrer, beständigerer, mit dem Sickerwasser in größere Tiefen geführt und geht eventuell in das Grundwasser über. Aus letzterer Ursache kann auch die chemische Beschaffenheit des Grundwassers als Maßstab für die Bodenverunreinigung dienen. Doch ist dabei zu bemerken, daß es nur bestimmte Stoffe sind, die in das Grundwasser hinabgelangen (besonders Chlor, Schwefelsäure, Kali, Ammoniak, salpetrige Säure, Salpetersäure), und daß die Grundwasseruntersuchung auch keinen sicheren Maßstab für den gegenwärtigen Grad der Bodenverunreinigung bietet, vielmehr nur auf eine mehr oder weniger weit zurückliegende einen mehr oder weniger sicheren Schluß erlaubt.

Verläuft der Zersetzungsvorgang im Sinne der Oxydation (Verwesung), so verschwinden die organische Substanz und das Ammoniak, an deren Statt salpetrige Säure und Salpetersäure treten. Wenn dagegen Reduktion (Fäulnis) eintritt, schwindet die organische Substanz nicht, oder doch nur unmerklich und findet beim Ammoniak Vermehrung statt. Die Bildung von salpetriger Säure und Salpetersäure unterbleibt ebenfalls, oder erfolgt nur minimal; wenigstens gilt das von der Salpetersäure.

§ 39. Sowohl die Art des Zersetzungsvorganges, als dessen Intensität hängen, außer von den in der Bodenbeschaffenheit gegebenen Bedingungen, von der Menge (und Konzentration) ab, in welcher die Zuführung der Schmutzstoffe erfolgt; bei Uebereinstimmung in den ersteren also einzig von der Menge. Doch ist nicht die absolute Menge bestimmend, sondern mehr die auf die Zeiteinheit entfallende.

Die hier dargelegten Thatsachen werden durch die Beobachtungen bestätigt, welche man am Ackerboden, auf Friedhöfen und, gegenteiligerseits, auf Rieselfeldern machen kann.

Bei Ackerboden findet die Zuführung großer Mengen organischer Stoffe im Dünger auf längere Zeiträume verteilt statt, und es wird mit einer starken Düngung gewöhnlicher Art 1 ha Acker — neben andern Stoffen — die Menge von 200 kg, mit einer Düngung mittlerer Stärke von 140 kg Stickstoff zugeführt.

Von Frankland angestellte Untersuchungen über die Beschaffenheit der aus dem Grunde von Ackerboden in 1 m Tiefe abfließenden Drainwässer lieferten nun folgende deutlich sprechenden Zahlen:

Düngungsweise des Bodens	Verdampfungs-Rückstand	Organischer Kohlenstoff	Organischer Stickstoff	Gesamte Stickstoff-menge
	Milligramm in 1 l = Gramm in 1 cbm			
1. Ackerboden, der seit 30 Jahren nur mineralischen, stickstofffreien Dünger erhalten hatte	238—482	1,0—3,1	0,2—0,7	0,6—14,1
2. Ackerboden, der seit 30 Jahren alljährlich mit stickstoffreichem Dünger gedüngt ward	140—512	1,8—12,4	0,3—3,3	1,3—27,5
3. Ackerboden, der seit 3 Jahren ungedüngt gelassen war und in Brache gelegen hatte	180—326	0,9—2,7	0,2—1,16	6,5—26,8

Der in diesen Zahlen dargelegte allgemein günstige Zustand wird teils dem Umstande verdankt, daß bei dem relativ trockenen Zustande des Düngers und der geringen Schichtdicke der Ackerkrume die organischen Stoffe für die beständige Einwirkung des Luftsauerstoffs offen liegen. Daher verläuft der Zersetzungsvorgang des Düngers im Ackerboden im allgemeinen als eine Oxydation und es wird, entsprechend, in gewöhnlicher Weise behandelter Ackerboden im engeren Sinne des Worts auch nicht als „verunreinigter“ Boden angesehen.

Bei Rieselfeldern liegen die Verhältnisse ganz allgemein viel ungünstiger. Werden als Beispiel die Berliner Rieselfelder herangezogen, so enthalten die denselben zugeführten Abwässer in 1 cbm 60—100 g Stickstoff; durchschnittlich mögen 80 g gesetzt werden. 1 ha Rieselland erhält jährlich von 10000—15000 cbm Abwasser zugeführt, darin also durchschnittlich 12500.80 g = 1000 kg Stickstoff, die das Siebenfache einer mittleren und das Fünffache einer starken landwirtschaftlichen Düngung ist. Der Boden der Rieselfelder vermag diese Mengen in leidlicher Weise nur zu „verarbeiten“, wenn entweder die Erntemengen desselben in ähnlichem Verhältnis zu den Erntemengen des gewöhnlichen Ackerbodens stehen, oder wenn die Felderfläche in ähnlichem Verhältnis vergrößert wird.

Ueber die Bestandteile von Drainswasser von Berliner Rieselfeldern (Rieselgut Malchow) sprechen folgende, dem Jahre 1893 angehörende Zahlen. Des Vergleichs wegen sind die Analysen der Abwässer hinzugefügt; bei beiden Zahlenreihen ist zu bemerken, daß sie sich auf Wasserproben beziehen, welche durch Filtration zuvor von den Schwebestoffen befreit waren.

Zeitpunkt bezw. Ort der Untersuchung	Verdampfungs-Rückstand	Glühverlust	Verbrauch von $KMnO_4$	Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpetersäure	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Chlor	Kali	Natron
	Milligramm in 1 l = Gramm in 1 cbm										
1. Rieselwasser.											
13. Juni	995,6	296,8	350,8	97,8	0	0	17,9	47,2	199,5	63,9	218,5
15. November	1129,6	267,2	420,3	123,3	0	0	18,4	123,5	213,0	62,4	194,3

Zeitpunkt bezw. Ort der Untersuchung	Verdampfungs-Rückstand	Glühverlust	Verbrauch von $KMnO_4$	Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpetersäure	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Chlor	Kali	Natron
	Milligramm in 1 l = Gramm in 1 cbm										
2. Drainswasser.											
von Beetanlagen 15. Juni . . .	1063,2	76,8	42,7	13,6	0	54,0	1,0	—	254,2	—	—
von Wiesen 17. November .	884,4	102,4	32,5	0,7	0	144,6	2,6	—	191,2	—	—
von Einstaubassins 11. November .	1241,6	110,0	17,1	0,1	3,6	223,8	1,7	—	54,6	—	—

Zwar tritt als durchschlagender Beweis für die große Oxydationswirkung der Felder eine bedeutende Verminderung der zur Oxydation erforderlichen Menge von Kaliumpermanganat, eine sehr erhebliche Verminderung des Ammoniaks und eine dem entsprechende Vermehrung der salpetrigen und Salpetersäure ein; doch ist beim Verbleib von nicht unbedeutenden Mengen Ammoniak in den Drainswassern die Reinigung immerhin keine vollständige. Die im Ammoniak, der salpetrigen und Salpetersäure enthaltene Gesamtmenge von Stickstoff berechnet sich:

in den Rieselwässern zu 80,5 bezw. 101,5 mg
„ „ Drainswassern von Beetanlagen . . zu 12,4 „
„ „ „ „ Wiesen „ 32,7 „
„ „ „ „ Einstaubassins . „ 50,96 „

liegt also in den Drainswassern von Beetanlagen und Wiesen denjenigen Mengen wenigstens einigermaßen nahe, welche in gewöhnlich gedüngtem Ackerboden angetroffen werden, während sie in den Drainswässern der Bassins etwa das Doppelte derselben ist.

§ 40. Für die große Selbstreinigungsfähigkeit des Bodens sprechen die Ermittelungen, welche bei Friedhöfen angestellt worden sind. Wenn zu letzteren nur geeigneter Boden in passender Lage ausgewählt wird, und wenn eine ordnungsmäßige Bewirtschaftung — Belegung mit Leichen — stattfindet, ist die früher oft befürchtete Gesundheitsschädlichkeit von Friedhöfen nicht vorhanden. Vielfach auf Friedhöfen selbst oder in unmittelbarer Nähe derselben angelegte Brunnen liefern, wenn dieselben das Wasser erst in größerer Tiefe fassen, ein Wasser, das, wie die Erfahrung lehrt, unbedenklich genossen werden kann. Auch haben ausgedehnte, besondere Feststellungen, die schon früher in Elsaß-Lothringen und in Sachsen ausgeführt sind*), erwiesen, daß die Friedhofs-Nähe weder die Gefahr größerer Häufigkeit von Infektionskrankheiten, noch der gewöhnlichen Krankheiten mit sich bringt, und daher die Anwohner gesundheitlich nicht ungünstiger gestellt sind, als die fernab wohnenden Einwohner des betreffenden Orts.

Ein besonders schlagendes Beispiel für die große Selbstreinigungsfähigkeit von Friedhöfen ist von Kratter beigebracht worden. Der 0,312 ha große Friedhof in Donawetz bei Leoben hatte 600 Jahre hindurch bestanden und während der letzten Jahre im Durchschnitt je 155 Leichen aufzunehmen gehabt, d. h. beinahe

*) Hofmann in der Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. Bd. 14 (1882).

das Doppelte derjenigen Zahl, die nach landesgesetzlicher Vorschrift erlaubt war. Der Boden bestand zu oberst aus einer Humusschicht, unter welcher eine dünne Lehmschicht folgte, und zu unterst aus grobem Kies (Schotter), in welchen die Gräber noch hinabreichten. In der nahen Umgebung des Friedhofs liegen sieben Brunnen, deren Wasser von Kratter untersucht ward und folgende, sehr günstige Ergebnisse lieferte:

Nr.	Entfernung der Brunnen von der Friedhofgrenze	Brunnentiefe	Organische Substanz	Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpeter-säure	Chlor
	m	m	Milligramm in 1 l = Gramm in 1 cbm				
1	34	14	0	0	0	4	8
2	13	13	0	0	0	6	9
3	29	13	0	0	0	5	8
4	50	7	0	Spur	0	4	9
5	63	10	0	0	0	9	11
6	134	10	0	0	0	7	10
7	25	9	0	0	0	6	8

Die Wege, welche das Drainswasser des Friedhofs bis zu den Brunnen zurückzulegen hat, betragen zwischen 15 und 135 m, sind daher nur kurz; doch vollzieht sich die Oxydation des Leichenstoffs bis dahin vollständig. Die in den Brunnenwässern angetroffenen (in der Salpetersäure enthaltenen) Stickstoffmengen liegen zwischen den engen Grenzen von 0,9 und 2,0 mg.

Um einen Vergleich zwischen verunreinigtem und reinem Wasser, d. h. solchem, das als „Trinkwasser“ dienen soll, zu ermöglichen, sei hier eine der sogen. Grenzzahlenreihen mitgeteilt, welche angiebt, welche Höchstmengen gewisser Fremdstoffe in einem Wasser enthalten sein können, das als Trinkwasser in Aussicht genommen wird.

Organische Substanz	6—10 mg in 1 l
Freies Ammoniak und salpetrige Säure . . .	0 „ „ 1 „
Albumenoid-Ammoniak	0,2 „ „ 1 „
Salpetersäure	5—15 „ „ 1 „
Chlor	20—30 „ „ 1 „
Schwefelsäure	80—100 „ „ 1 „
Verdampfungsrückstand	500 „ „ 1 „

Diese Grenzzahlenreihe ist neueren Ursprungs und von Kubel und Tiemann angegeben worden. Neben derselben giebt es andre Reihen, welche teils höhere, teils geringere Zahlen enthalten, nicht nur allgemein, sondern auch für einzelne unter den aufgeführten Fremdstoffen.

§ 41. Nach den oben mitgeteilten Beispielen ist die selbstreinigende Kraft des Bodens eine unerwartet große. Es kann angenommen werden, daß vermöge ihrer Wirkung selbst stark verunreinigter Boden innerhalb 1—2 Jahren wieder rein wird; doch kann der Zeitpunkt, zu welchem dieser Zustand wieder erreicht ist, auch viel weiter hinaus liegen. Daher darf jene Fähigkeit nicht überschätzt, der Boden nicht überladen werden. Letzteres findet aber leicht statt, wenn die Zuführung von Schmutzstoffen in dauernder Weise erfolgt. Alsdann kann die Fähigkeit des Bodens versagen; doch erwirbt er dieselbe früher oder später wieder zurück, wenn man demselben eine längere Periode der Ruhe gönnt. Längere Ruheperioden sind ebenfalls notwendig, wenn die Zuführung der Fremdstoffe zwar nur zeitweilig, dann aber „massenhaft“ geschieht.

Aus diesen Darlegungen ist zu folgern, daß der Boden selbst nur einigermaßen dicht bevölkerter Städte in der Regel beständig verunreinigt sein wird, und daß bei seiner Abgeschlossenheit gegen die Atmosphäre es gewöhnlich einer langen Reihe von Jahren bedarf, bevor, nach dem Aufhören der Verunreinigung, Reinheitszustand desselben von neuem erreicht wird. Erhält der Straßengrund eine Abdeckung mit wasserdichter Pflasterung, wie sie neuerdings häufig angewendet wird, so verlängert sich die Periode; doch bleibt alsdann der Reinheitszustand des Bodens auch dauernd.

Verminderte Zuführung von Schmutzstoffen zum Boden, etwa durch Verbesserung der Abfuhreinrichtungen und der Straßenreinigung, macht den Boden gesunder als er bisher war, wenn auch vielleicht kein völliger Reinheitszustand wieder erreicht wird. Je seltener Feuchtigkeit in solchen Mengen auf die Straßen gelangt, daß Einsickerungen erfolgen, desto gesunder bleibt der Boden darunter, und umgekehrt. Daher hat das überreichliche Besprengen der Straßen, besonders wenn dabei nicht reines Wasser benutzt wird, auch seine Kehrseiten. Ueberhaupt kommt jede Maßregel der Straßenpflege, die darauf hinausgeht, den Straßengrund trocken zu erhalten, der Reinheit des Bodens zu statten.

Während der Periode, in der sich die Selbstreinigung des Bodens vollzieht, vermögen sich die günstigen gesundheitlichen Wirkungen von Verbesserungen im Städtereinigungswesen noch nicht im vollen Umfange geltend zu machen, sondern treten erst nach Beendigung dieser Periode ganz hervor. Auf diese Verhältnisse ist bereits oben, S. 30 ff., an der Hand einiger Beispiele besonders hingewiesen worden.

§ 42. Der Boden ist Sitz unendlicher Mengen von Mikroben, die in zwei große Gruppen zerfallen: Parasiten, die sich vom „Lebenden“, und Saprophyten, die sich vom „Toten“ nähren; erstere bilden die große Ueberzahl und es gehen unter ihrer Konkurrenz — Ueberwucherung — die mehr empfindlichen Parasiten oft zu Grunde.

Zwischen den beiden Arten giebt es Uebergangsformen, die als fakultative Parasiten, bezw. fakultative Saprophyten bezeichnet werden; doch sind diese Zwischenformen noch wenig genau bekannt; jedenfalls scheint ihre Zahl nur gering zu sein.

Im allgemeinen gilt von den Saprophyten, daß sie gesundheitlich harmlos sind, wenigstens was direkte Wirkungen auf die Gesundheit betrifft, daß ihnen aber Bedeutung insofern zukommt, als sie Konkurrenten der Parasiten um die Nahrung sind. Letzteren sind sie auch im allgemeinen in ihrer Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse überlegen; doch giebt es auch unter den Parasiten Arten besonders hoher Widerstandsfähigkeit, die sich bei einigen pathogenen Arten an vorübergehende besondere Formen knüpft. Die als „Werdeform“ zu bezeichnende Sporenform mancher Bakterien zeigt eine viel höher liegende Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse (Temperatur, Feuchtigkeit, Licht, Abtötungsmittel u. s. w.) als die Endform.

Die Bakterien sind entweder dauernde Bewohner des Bodens — wovon ein paar Arten bereits S. 65 genannt sind —, oder die Möglichkeit ihres Bestehens im Boden ist nur eine vorübergehende. Je nach der Länge des Zeitraums, mit dem man rechnet, wird die Grenze zwischen den beiden Arten sich verschieben. Die dauernden Bewohner des Bodens bilden aber die große Ueberzahl (vergl. S. 46).

Je mehr steril ein Boden, um so geringer ist die Bakterienzahl. Zuführung von Schmutzstoffen vermehrt daher die Zahl der Bodenbakterien; doch braucht die Vermehrung damit nicht im geraden Verhältnis oder einem ähnlichen andern zu erfolgen, weil selbst eine minimale Menge von tierischer Substanz ausreichende

Nahrungsmenge für viele Millionen Bakterien bietet. Es könnte als ein günstiger Umstand betrachtet werden, daß mit der Vermehrung der Schmutzstoffe im Boden eine große Vermehrung der Saprophyten stattfindet, da letztere wegen der Ueberwucherung im allgemeinen als Feinde der dort vorhandenen Parasiten gelten; doch muß beachtet werden, daß mit der Zuführung von Abfallstoffen zum Boden die Gefahr verbunden ist, daß mit den letzteren auch pathogene Bakterien zum Boden gelangen.

Der Aufenthalt von Bakterien im Boden ist im allgemeinen auf die oberste Schicht beschränkt, d. h. spezieller auf eine Schichtstärke von vielleicht 0,25 m. Diese Erscheinung erklärt sich aus den Ansprüchen, welche die Bakterien an Temperatur, Feuchtigkeit u. s. w. machen, und aus der Ungunst der Verhältnisse, welche in den tieferen Bodenschichten allgemein vorliegen. Starke Belichtung — durch die Sonne — wirkt auf viele Bakterienarten hemmend oder auch vernichtend; es scheinen aber Feuchtigkeit und Wärme, sowie Kohlensäuregehalt des Bodens Faktoren zu sein, von welchen die Existenz derselben in ebenso hohem Maße wie von der Belichtung abhängt. Ein dunkelfarbiger, poröser, etwas feuchter, mit organischen Stoffen beladener Boden bietet nahe der Oberfläche den Bakterien die zusagendsten Lebensbedingungen; selbstverständlich spricht die besondere — chemische und mineralogische — Artung des Bodens dabei mit.

Es ist erklärlich, daß die Angaben über Bakterienbefunde des Bodens weit auseinander gehen. Nachstehende Zahlen, die auf 1 ccm Boden bezogen sind, lassen dies sowohl, als den Einfluß, den Bodentiefe und -Beschaffenheit auf die Verminderung der Zahl der Bakterien üben, erkennen.

In der Oberflächenschicht eines nicht gedüngten, und auch nicht mit irgendwelchen andern Abfallstoffen verunreinigten Bodens fand Fränkel in der Regel etwa 100 000 Keime, jedoch auch bis zu 350 000, in Kulturboden aber viel höhere Zahlen.

Im Berliner Boden ermittelte Fränkel:

an der Oberfläche	45 000 bis ∞	Keime
in 1 m Tiefe	200—150 000	„
„ 2 „ „	100—200 000	„
„ 3 „ „	0—34 000	„
„ 4 „ „	0—8000	„

Wollny fand:

a) in sandigem Humusboden:		
in 3 m Tiefe	44 000 000—45 000 000	„
„ 4 „ „	10 000 000	„
„ 5 „ „	8 000 000	„
„ 6 „ „	5 000 000	„
b) in gelbem Lehmboden:		
in 1,85 m Tiefe	260 000	„
c) in Friedhofsboden:		
in 1,25 m Tiefe	1 152 000	„
„ 1,85 „ „	438 000	„

Maggiora ermittelte an der Oberfläche:

von sandigem, vegetationslosem Boden . . .	1 600	„
„ Ackerboden	11 000 000	„
„ Straßengrund	78 000 000	„
auf einem Friedhof	6 000 000	„
„ „ „ in 1,5 m Tiefe	18 000	„

Von gewöhnlichem Boden enthält Ackerboden die meisten, Wiesenboden weniger und Waldboden die wenigsten Keime.

Von großem Einfluß auf die Keimzahl des Bodens erweist sich der Umstand, ob der Boden sogen. gewachsener oder berührter, in Bearbeitung befindlicher, ist; letzterer enthält die größere Anzahl von Keimen.

Wenn auch nach den obigen Zahlen selbst in 6 m Tiefe vereinzelt noch große Keimzahlen angetroffen wurden, so ist doch als erwiesen anzunehmen, daß in etwa 2 m Tiefe dem Gedeihen der Mikroben enge Grenzen gezogen sind; eine Vermehrung scheint dort kaum noch stattzufinden; mindestens gilt dies für pathogene Keime, die auch nur ganz ausnahmsweise in solche Tiefen gelangen können.

Der Erörterung der Bodentiefe, bis zu welcher Bakterien hinabgelangen, wohnt mit Bezug auf zwei Punkte besondere Bedeutung bei, und zwar:

a) die Gewinnung von Grund oder Quellwasser;

b) die etwaige Möglichkeit, daß mit den Leichen von an Infektionskrankheiten Verstorbenen pathogene Bakterien von der Begräbnisstätte aus mit dem Grundwasser, oder sonstwie im Boden verbreitet werden könnten.

Nach bisherigen Erfahrungen gilt es als sicher, daß die Tiefe von 8—10 m in unberührtem Boden überall genügt, um Bakterienfreiheit des dort angetroffenen Grundwassers erwarten zu können, Wasserfassungen in geringerer Tiefe aber keine ausreichende Sicherheit gewähren, und um so weniger, in je geringerer Tiefe sie stattfinden.

Zum Punkt b sind vom Reichs-Gesundheitsamt in den letzten Jahren ausgedehnte Untersuchungen angestellt worden, die ergeben haben, daß die ordnungsmäßige Erdbestattung der Leichen von an Infektionskrankheiten Verstorbenen keine gesundheitlichen Gefahren mit sich bringt. Besitzen, wie es der Fall ist, die Infektionserreger außerhalb des Körpers fast allgemein nur beschränkte Existenzfähigkeit, so wird bei ordnungsmäßigem Begräbnis in der Regel die Zeit, bis dieselben von der Leiche aus ins Grundwasser des umgebenden Bodens gelangen und in einiger Entfernung davon belegene Brunnen erreichen können, schon genügend zum Zugrundegehen derselben sein. Entsprechend hat man selbst Schädlichkeiten von zeitweiligen massenhaften Bestattungen von Leichen an Infektionskrankheiten Verstorbener bisher nicht beobachtet. Was dazu etwa die übliche Desinfektion mit Kalk gethan hat und was auf Rechnung andrer Faktoren kommt, läßt sich nicht feststellen.

Von der Regel, daß Mikroben nur bis zu beschränkten Tiefen im Boden vorkommen, scheinen einzelne Algenarten — den Spaltpilzen nahe verwandte Lebewesen — eine Ausnahme zu machen. Die sogen. Brunnenalge, auch Brunnenfaden genannt (Crenothrix polyspora oder C. Kuehniana), scheint sogar gerade in größeren Bodentiefen ihren Sitz zu haben.

§ 43. Die Art und Weise, wie Mikroben in die Tiefe des Bodens gelangen, kann sehr verschieden sein. Der einfachste Weg ergiebt sich bei Freilegung tieferer Schichten, sei es auf künstliche Weise, z. B. bei der Bodenkultur, sei es auf natürliche Weise, indem durch Wasserablauf tiefere Schichten offen gelegt werden. Oft werden auch Gänge von Tieren oder Erdrisse den Mikroben Wege zu größeren Tiefen eröffnen. Sodann kommt das Einsickern mit Meteorwasser und Schmutzwasser in Betracht. Verwandt damit ist das tiefere Eindringen mit sinkendem Grundwasser und den Bewegungen des Kapillarwassers. Weiter ist ein Hineinwachsen von Mikroben in die Bodenporen in Betracht zu ziehen, wie es analog bei Sandfiltern beobachtet worden; doch mag dieser Weg, soweit es sich um Erreichung größerer Tiefen handelt, von nur wenig Bedeutung sein. Endlich ist als Transportmittel von Mikroben in und aus dem Boden auch an den Luftaustausch zwischen Boden und freier Atmosphäre zu denken; es kann aber dieser Möglichkeit nur eine relativ recht geringe Bedeutung beigemessen werden.

Wichtiger noch als die Frage nach dem Hineingelangen der Mikroben in den Boden, besonders in die Bodentiefe ist die andre, nach den Mitteln und Wegen, auf welchen sie den Boden wieder verlassen, und Zutritt zum Menschen gewinnen können.

Von der Bodenoberfläche aus können solche Bakterienarten, die Trockenheit vertragen, den Weg mit Luftströmungen und Staub nehmen. Zu dieser Art gehören auch zwei Schädlinge besonders schlimmer Art, die Typhusbacillen und die Bacillen der Tuberkulose; neben diesen beiden gefährlichen Arten, deren Uebertragung durch Luftbewegung sicher erwiesen ist, kommen wahrscheinlich noch andre Arten vor. (Vergl. hierzu Mitteilungen von Röchling über das Vorkommen von Keimen in Kanalluft in der Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege Bd. 27, 1895, H. 1.)

Als weitere Wege kommen in Betracht das Hängenbleiben an Geräten und Werkzeugen des Acker- und Gartenbaues, an der Fußbekleidung des Menschen, an Händen, die den Boden berühren, an Erzeugnissen des Acker- und Gartenbaues selbst, Verschleppen mit Tieren u. s. w. Was letztere Möglichkeit anbetrifft, so muß sowohl an Haustiere, als an Ungeziefer aller Art gedacht werden: Ratten, Mäuse, Käfer, Regenwürmer. Namentlich der Thätigkeit der Regenwürmer kommt in dieser Hinsicht eine größere Bedeutung zu, da sie in Krumenform beträchtliche Mengen von Erde selbst aus größeren Tiefen an die Oberfläche zu bringen vermögen.

Durch Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit kann keine Beförderung von Bakterien an die Oberfläche stattfinden, und ebenso wenig ist dem Transport der Bakterien mit aufsteigender Grundluft eine größere Bedeutung zuzusprechen; auch dem Transport mit aufsteigendem Kapillarwasser kann eine besondere Wichtigkeit nicht beigelegt werden.

Es ist aber daran zu denken, daß mit Bodenfeuchtigkeit oder durch Aufgraben hinter Gebäudemauern u. s. w. Bakterien mit Gebäudeteilen, unbelegten Kellerfußböden, Mauern u. s. w. in unmittelbare Berührung treten und so Zutritt zum Innern eines Gebäudes finden können.

Daß dies in noch viel höherem Maße von der verunreinigten Grundluft gilt, die um so leichter ihren Weg in Gebäude hinein findet, als die höhere Temperatur derselben aspirierend wirkt, braucht nur angedeutet zu werden. Es ist der Reinhaltung des Bodens gerade von diesem speziellen Gesichtspunkte aus eine ganz besondere Bedeutung beizumessen, auf die ein näheres Eingehen sich jedoch erübrigt.

Noch größere Bedeutung als der Grundluft ist mit Bezug auf die Gesunderhaltung der Wohnhausluft (auch die Fernhaltung von Bakterien) der Bodenfeuchtigkeit beizulegen, insofern diese die Gebäudemauern mit Feuchtigkeit durchdringt. Trockenhaltung oder Trockenlegung des Bodens, bezw. Senkung des hoch liegenden Grundwasserspiegels sind daher hoch berechtigte Forderungen der Gesundheitspflege, denen in den technischen Vorkehrungen des Städtereinigungswesens die umfassendste Berücksichtigung gebührt. (Vergl. S. 28 ff.)

IV. Abschnitt.

Verunreinigung und Selbstreinigung offener Gewässer.

1. Kapitel.

Verunreinigung der Gewässer.

§ 44. In rechtlichem Sinne ist das Wasser aller öffentlichen Gewässer sogen. „Gemeingut", dessen Gebrauch für die gewöhnlichen Zwecke des Haushalts oder der Wirtschaft jedermann freisteht. Mit allen Rechten ist auch dieses an die Beschränkung gebunden, daß durch seine Ausübung Andern nicht Nachteil zugefügt wird. Da aber der Begriff „Nachteil" kein absoluter, sondern ein relativer ist, der auch mit Ort und Zeit wechselt, so ersieht sich, daß eine allgemeine Beantwortung der Frage: wann, bei welchem Grade eine Flußverunreinigung Dritten Nachteil bringt? nicht möglich ist. Teils kommt es dabei auf den Gebrauchszweck und die in ihm begründeten Bedingungen der Wasserbeschaffenheit, teils auch auf den Fluß an, letzteres, weil es Flüsse mit „reinem" Wasser überhaupt nicht giebt, daher ein gewisses niedriges Maß der Verunreinigung immer und überall geduldet werden muß. Auch wird, wenn selbst eine größere, absichtlich herbeigeführte Verunreinigung vorliegt, immer erst zwischen einem etwaigen ohne die Verunreinigung nicht erzielbaren Nutzen abzuwägen sein, den jemand ziehen könnte, und dem Nachteil, der einem Andern durch eben diese Verunreinigung zugefügt wird, event. nur als „ein möglicher" in die Abwägung eintritt. Denn auch der, an sich hochstehende Schutz der Gesundheit ist, wie anderweite Güter, zum Teil ein Gegenstand wirtschaftlicher Natur, für den im Geldwert ein Maßstab gefunden werden kann. Bleibt dieser Wert hinter demjenigen zurück, der andern Interessen wirtschaftlicher Art zukommt, so muß das Interesse der Gesundheitspflege um so mehr weichen, als in der Regel die Möglichkeit bestehen wird, demselben auf mehrerlei Weise gerecht zu werden. Es kann sich z. B. um besonders hohe gewerbliche Interessen handeln, welche auch ihrer oft weitgreifenden Folgen wegen gewöhnlich auf Schonung Anspruch haben werden. Allgemein darf man sagen, daß, wenn die Gesundheitspflege ihre Interessen, ohne Rücksicht auf die Umstände, überall in die erste Linie rücken wollte, sie zu viel verlangen und oft sich selbst schädigen würde, insofern dann die Anforderungen an die Städte leicht in die Gefahr geraten, unerfüllbar zu werden. Auf solche Weise könnten an die Stelle der Uebel, denen man durch Reinhaltung eines Flusses zu begegnen dachte, andre, noch schlimmere treten.

Was ist nun verunreinigtes Flußwasser? Jedenfalls solches, dessen Fremdstoffmengen über dasjenige Maß hinausgehen, bei dem noch ein „Verdünnungszustand“ besteht, der die Benutzung des Wassers für alle „gewöhnlichen Gebrauchszwecke“ erlaubt. Aber diese Erklärung erschöpft nach heutiger Auffassung den Begriff nicht, da nur für die der unbelebten Natur entstammenden Stoffe eine Verdünnungsgrenze gilt, von der ab, nach unten gehend, die Vergiftungs- oder Schädigungsmöglichkeit, in praktischem Sinne genommen, aufhört. Für „organisierte Stoffe“ besteht eine untere greifbare Grenze nicht, da jene, vermöge ihrer Vermehrungsfähigkeit im befallenen Körper, selbst in der kleinsten Menge, der Einzahl, gesundheitsschädigend — infizierend — wirken können. Danach müssen auch Flußwasser, welche nur einzelne pathogene Keime enthalten, aber sonst in vorher definiertem Sinne rein sind, als verunreinigt angesehen werden. Dennoch darf hiervon meist Abstand genommen werden, weil erfahrungsmäßig dieser spezielle Verunreinigungszustand in der Regel vorübergehend, und von kurzer Dauer ist, er in der Regel auch nicht für sich, sondern in Verbindung mit Verunreinigungen gewöhnlicher Art bestehen wird.

Indessen taucht bei der „Verdünnung“ sofort die Frage nach demjenigen besonderen unter den wechselnden Wasserständen eines Gewässers auf, bei welchem die Verdünnung zu ermitteln ist. Bei großer Wasserführung wird an raschfließenden, regulierten Flußläufen die Verdünnung am größten sein; bei langsam laufenden und unregulierten kann das Gegenteil stattfinden. Der scheinbare Widerspruch erklärt sich daraus, daß das regulierte Bett keine Ablagerungen enthält, das unregulierte solche enthalten kann, und daß bei Anschwellungen die bereits abgelagerten alten Schmutzstoffe den zur Zeit zufließenden hinzutreten und diese so weit vermehren können, daß eine stärkere Verunreinigung stattfindet als bei Kleinwasser. Den Angaben über Flußverunreinigungen müssen daher, wenn sie verständlich sein sollen, die Angaben über den Wasserstand, bei welchem sie ermittelt worden sind, hinzugefügt werden, und es ist, um ein genaues Bild von der dauernden Beschaffenheit eines Flußlaufes zu gewinnen, notwendig, daß die Bestimmung seines Verunreinigungszustandes nicht nur bei einem bestimmten, sondern möglichst bei allen vorkommenden Wasserständen ausgeführt wird.

Hierzu — wie übrigens auch bei sonstigen Punkten der Untersuchung — ist der Ausbildung der Verfahrensweise bis heute noch ein weiter Spielraum verblieben. Gewöhnlich werden aber betreffende Angaben auf die kleinste Wasserführung des Flusses bezogen, und es wird dies vielfach auch das zutreffendste Bild liefern.

Jedenfalls wird das Endurteil über die Zulässigkeit oder Unzulässigkeit einer Verunreinigung auf die geringsten unter den möglichen Verdünnungszuständen (die größte Konzentration) begründet werden müssen, und hat der Anspruch, die Verdünnung auf den Mittelwasserstand zu beziehen, nur da Berechtigung, wo das Flußregime ein besonders beständiges ist. Um aber ein einwandfreies Urteil schöpfen zu können, sollte die Untersuchung nicht auf das verunreinigte Flußwasser beschränkt, sondern auch auf den vorhergegangenen Zustand ausgedehnt werden. Erst das Vergleichsergebnis würde entscheidend sein; häufig wird aber diese erweiterte Untersuchung nicht ausgeführt werden können.

§ 45. Außer den mannigfachen gesundheitlichen Schädigungen, welche ein verunreinigter Flußlauf mit sich bringen kann, unter denen seine Nichtverwendbarkeit für den Zweck der Entnahme von Trinkwasser obenan steht, handelt es sich um Schädigungen wirtschaftlicher Natur, die in mehreren Richtungen eintreten.

Nur im Vorübergehen mag diejenige Schädigung wirtschaftlicher Art hier nochmals berührt werden, die darin besteht, daß mit den gewöhnlichen städtischen

Abwässern, welche in die Flußläufe gelangen, der Landwirtschaft große Düngermengen entzogen werden. Man hat vielfach den Wert der auf einen Kopf der Stadtbewohnerschaft jährlich entfallenden Dungstoffe auf 2, 3, 5, 10 Mk. und darüber berechnet. Solchen Rechnungen kommt, nach demjenigen, was schon Seite 21 hierzu beigebracht ist, keine sonderliche Bedeutung zu. (Vergl. hierzu übrigens Gerson, Die Schicksale der Fäkalien in Weyls Handbuch der Hygiene, Bd. 2, und Vogel, Die Verwertung der städtischen Abfallstoffe. Berlin 1896.)

Ein zweites wirtschaftliches Interesse knüpft sich an die Schädigung, die ein Flußlauf „als solcher" durch die Einleitung von Schmutzwassern erfährt. Dieses Interesse kann sehr mannigfaltig sein. Es können durch entstehende Ablagerungen allgemeine schiffahrtliche Interessen und durch Verunreinigung des Wassers besondere gewerbliche Interessen insofern geschädigt werden, als das Flußwasser für die Zwecke derselben unbrauchbar wird. Die Interessen der Uferanlieger können durch Entwertung ihrer Grundstücke infolge Wasser- und Luftvergiftung Schaden erleiden. Und endlich können flußabwärts liegende Städte wirtschaftlich dadurch geschädigt werden, daß durch die Verunreinigung des vorbeifließenden Wassers ihnen das benötigte Trink- und Nutzwasser entzogen wird und sie nun gezwungen sind, mit großen Geldkosten anderweit Ersatz zu schaffen. Hierher gehört es ferner, daß durch Zuführung gewisser Stoffe zum Flußwasser, auf die weiterhin eingegangen wird, sich eine Vermehrung der Härte des Wassers ergiebt. Hält der Verunreinigungszustand sich innerhalb solcher Grenzen, daß noch eine Benutzung des Wassers zu gewissen wirtschaftlichen Zwecken möglich ist, so ist für diese Zwecke die Härtevermehrung mit einer Verschlechterung des Wassers gleichbedeutend.

Die Schädigungen der hier berührten Art können dem Grade nach sehr ungleich sein. Sie werden bei einem kleinen Flußlauf oft erheblicher sein als bei einem großen, auch beim unregulierten größer als beim regulierten. Je geringer die Flußgeschwindigkeit, um so leichter finden Ablagerungen statt; bei Flüssen von größerer Breite und wechselnden Tiefen können aber die Geschwindigkeiten in einem und demselben Profil so sehr wechseln, daß, während im Stromstrich Mitführung der Schwebestoffe erfolgt, dieselben an anderen Stellen des Profils liegen bleiben. In so beschaffenen Flußbetten findet auch nicht leicht eine Mischung der Abwässer mit dem Flußwasser statt, sondern halten sich auf sehr langen Flußstrecken die Schmutzstoffe an dem einen Ufer und berühren das andre vielleicht kaum (Beispiel: die Elbe oberhalb Magdeburg, nach weiterhin folgenden Zahlenangaben). Auch Wehrbauten, Buhnen und Parallelwerke können auf die Mitführung von Schmutzstoffen verzögernd wirken, bezw. ihre Festhaltung an gewissen Stellen veranlassen. Die übelsten Zustände treten bei kleinen Küsten-(Tide-)Strömen ein, wenn die Einleitungsstelle der Schmutzstoffe so weit vom offenen Meere entfernt liegt, daß erstere mit dem nächsten Ebbestrom nicht bis ins Meer hinausgeführt werden, vielmehr sich, wenn der Flutstrom von neuem einsetzt, noch an einem oberhalb liegenden Punkte des Flusses befinden. Sie werden alsdann mit ersterem wieder ein Stück flußaufwärts geführt, oder bleiben — im günstigsten Falle — eine Zeit lang liegen und gelangen erst durch mehrmaligen Tidewechsel ins offene Meer hinaus.

In dieser ungünstigen Lage befindet sich z. B. London, welches Anfang der 80er Jahre täglich bei Barking und Crossness (44 bezw. 49 km unterhalb London-Brigde) 650000 cbm Abwässer = 7,5 cbm sekundlich, an die Themse abgab; der Fluß führt bei Kleinwasser nur 16 bis 23 cbm, bei stärkerem Zufluß 57 cbm, so daß der Verdünnungszustand der Abwässer nur etwa 1 : 3 bezw. 1 : 7,5 betragen würde. Bei dem bedeutenden Flutwechsel jedoch, den die Themse noch bei London besitzt (4—5 m), und durch den gewisse Mengen frischen Wassers bis oberhalb Barking und Crossness hinaufgeführt worden, stellte sich das mittlere Verdünnungsverhältnis etwa = 1 : 6; der Wasserquerschnitt bei mittlerem Ebbestande ist 26000 qm, bei mittlerem Flutstande

6500 qm. Die offene See wird von der Themse etwa 75 km unterhalb London-Brigde erreicht, d. h. also 26 km, bezw. 31 km unterhalb der Auslässe bei Crossness und Barking.

Gegen Ende der 70er Jahre wurden über die Verunreinigung der Themse so viele Beschwerden laut, daß die Regierung sich genötigt sah, einen Untersuchungsausschuß einzusetzen, welcher feststellte: daß in der etwa 20 km langen Flußstrecke, welche sich bis etwa 8 km aufwärts und 12 km abwärts der Ausmündungsstellen bei Barking und Crossness erstreckt, sich große Massen von fauligem Schlamm befinden, die beim Durchpassieren von Dampfern u. s. w. einen unerträglichen Geruch verbreiten. Die auf dem Strome dauernd verkehrenden Schiffsmannschaften, Fischer u. s. w. leiden vielfach an Atmungsbeschwerden, Uebelkeit und Fieberanfällen, und es wird Uferbewohnern in der Nähe der Mündungsstellen der Auslässe die fernere Benutzung ihrer Wohnungen immer mehr erschwert. Früher wurde mit der Themse bis etwa 30 km oberhalb Barking (= 14 km unterhalb London-Brigde) Fischfang getrieben. Dieser obere Anfangspunkt hat sich nach Anlage der Einlässe 60 km stromabwärts verschoben, so daß er jetzt (in den 80er Jahren) 30 km unterhalb Barking liegt. In der verpesteten Flußstrecke ist alles Fischleben ausgestorben, und nicht nur das: es können die vom unteren Strom kommenden Fischerfahrzeuge ihren Fang nicht einmal mehr in Netzen nachschleppen, sondern müssen denselben in an Bord aufgestellten Bütten transportieren, weil die Fische bei ersterer Transportweise sterben würden.

Die mitgeteilten Erscheinungen erklären sich daraus, daß die mittlere Ebbegeschwindigkeit der Themse 22 mm, diejenige bei Flutstrom kaum 9 mm beträgt. Diese Geschwindigkeiten gelten für die Flußstrecke in der Nähe von Crossness und Barking; weiter abwärts werden dieselben noch geringer. Aus diesen Geschwindigkeitszahlen würde sich ein tägliches Vorrücken der Schmutzstoffe der See zu von etwa 1300 m ergeben; es ist aber bei Schwimmversuchen dies Vorrücken nur zu 535 m ermittelt worden.

Als drittes wirtschaftliches Interesse kommt die Schädigung, welche das Fischleben in verunreinigten Gewässern erleidet, in Betracht. Zu diesem Punkte müssen mehrere Thatsachen festgehalten werden:

a) Das Fischleben der Flüsse wird nicht nur durch die Schmutzwasserzuführungen aus den Städten geschädigt, sondern ebenfalls durch die fortschreitenden Regulierungen und den Schiffsverkehr. Durch beides werden dem Fischleben die Ruheplätze entzogen und aus dem Schiffsverkehr erwächst den Flüssen unter Umständen eine sehr weitgehende Verunreinigung.

b) In reinem Wasser kann Fischleben nicht gedeihen, weil ihm darin die Nahrung fehlt; denn solches Wasser bietet weder Algen noch andern Tieren, noch Pflanzenwuchs die Möglichkeit der Existenz. Die ganz reinen Gewässer in den schottischen Hochlanden sind ohne Fischleben, während englische Flüsse, die sich durch Ackerland ziehen und englische Küstenstrecken, an welchen die Schmutzwasserkanäle großer Städte ausmünden, sehr fischreich sind.

c) Aber ebenso wenig vermag Fischleben in stark verunreinigten Gewässern zu gedeihen, weil hier gewisse Stoffe entweder im Uebermaß vorhanden sind, oder in einem Zustande, den das Fischleben nicht verträgt, daneben aber gewisse unentbehrliche Stoffe fehlen. Die Anwesenheit von Stickstoff in Schmutzwassern scheint, ähnlich wie für die Atmungsluft der Menschen, so auch für das Fischleben von keiner Bedeutung zu sein. Wichtig für dasselbe ist aber die Temperatur, die bei vielen Fischarten nicht hoch liegen darf. Im Winter sind verunreinigte Wasser den Fischen viel weniger schädlich als im Sommer. Darin begründet sich das Verbot der Einleitung hocherwärmten Wassers in offene Gewässer mit Fischleben. Ob Bakterienreichtum eines Flusses dem Fischleben zu- oder abträglich ist, kann nicht allgemein entschieden werden. Einerseits vermindern Bakterien den Sauerstoffgehalt des Wassers; anderseits dienen sie auch der niederen Fauna und Flora des Flusses gewissermaßen als Unterbau, führen also dem Fischleben Nahrung zu. (Eine ausführliche Bearbeitung dieses Gegenstandes lieferte Weigel im Archiv für Hygiene 1885; ferner sind zu vergleichen: Fischer,

Das Wasser, Berlin 1891, S. 51 ff., König, Die Verunreinigung der Gewässer, Berlin 1887 und Jurisch, Die Verunreinigung der Gewässer, 1890.)

Nach a) und b) bedarf Fischleben gewisser Mengen von Fremdstoffen im Wasser, d. h. einen gewissen, niedrig liegenden Verunreinigungszustand, welcher das Gedeihen von Pflanzen- und niederem Tierleben im Flusse ermöglicht. Dies gilt allgemein; gewisse Fischarten machen Ausnahmen, beispielsweise der Aal und der Lachs, auch noch viele andre. Im übrigen spielen verschiedene Ursachen, wie z. B. Alter, Größe und andres bei der Widerstandsfähigkeit der Fische eine Rolle. Was das Fischleben im allgemeinen nicht verträgt, sind in starker Fäulnis befindliche Stoffe, Gifte und einige besondere, teils anorganische, teils organische Stoffe. Auch Schwebestoffe, die an sich harmlos sind, scheinen den Fischen insofern gefährlich werden zu können, als sie sich in den Kiemen derselben festsetzen und die Atmung hindern. Faulende Stoffe sind den Fischen auch deshalb nicht zuträglich, weil das Wasser, welches sie enthält, arm an Sauerstoff ist. Bei Versuchen ergab sich, daß Forellen in Flußwasser, von welchem 5 Teile mit 1 Teil Kanalwasser versetzt waren, nach 13—18 Stunden Erkrankung zeigten und daß derselbe Fisch in Mischungen von 1 Teil Kanalwasser mit 10, 20—30 Teilen Flußwasser nach 2—5 Tagen starb.

Eine in kanalisierten Städten nach Regenfällen zu machende Beobachtung besteht darin, daß bald, nachdem die Regenauslässe (Notauslässe) in Wirksamkeit getreten sind, in der Nähe der Mündungen dieser große Mengen kleiner Fische tot auf dem Wasser schwimmen. In der Regel zeigen sich die Kiemen derselben mit Schmutz gefüllt; man weiß daher nicht, ob sie durch chemische Wirkungen oder etwa bloß durch Hemmung der Kiemenbewegung oder andre Ursachen zu Grunde gegangen sind. In Berlin hat man beobachtet, daß nach Regenfällen (bezw. Thätigkeit der Notauslässe) die in Rede befindliche Erscheinung sich nur zeigt, wenn der Regenfall mit Gewittern verbunden war, im andern Falle aber ausbleibt. Man sieht den Grund darin, daß durch Gewitter die Fische in Unruhe versetzt werden und aus der Tiefe zur Oberfläche aufsteigen. Hier schwimmen aber die beim Beginn des Regenfalls von den Straßen abgewaschenen leichten Schmutzstoffe, welche in die Atmungswerkzeuge der Fische eingesaugt werden.

Besonders heftig wirkende Gifte sind für Fische Schwefelwasserstoff und Ammoniak; minder heftige Kohlensäure, Chlor, Alkalien, schweflige Säure, Eisen, Aluminium, sowie Kupfer- und Quecksilbersalze, auch Mineralsäuren. Ungiftig sind für Fische arsenige Säuren und arseniges Natron. Bei allen genannten Stoffen aber kommt es durchaus auf den Konzentrationszustand an, in welchem sie sich befinden.

Im allgemeinen scheinen demnach für das Fischleben die Abwässer aus Fabriken gefährlicher zu sein als gewöhnliche städtische Abwässer, wenn diese nur nicht alt, sondern frisch und nicht in zu großen Mengen auf einmal zugeführt werden. Es kommt also, wie man sieht, dabei auch auf die Beschaffenheit (Größe) des Stadtbezirks an. Abwässer von Städten geringer Größe, die sich nicht durch Kanäle großen Profils, sondern durch enge (Röhren-)Kanäle in einen Fluß ergießen, mögen für das Fischleben ganz ungefährlich sein, zumal Fische empfindliche Sinne haben und deshalb schädlichen Strömungen rasch ausweichen. In die auf den Berlinern Rieselfeldern befindlichen Teiche, die vom Drainswasser der Rieselfelder gespeist werden, läßt man in Zwischenräumen gewisse Mengen ungereinigtes Schmutzwasser ein, um dem reichen Leben dieser Teiche an Edelfischen Nahrung zuzuführen.

Weiterhin ersieht man, daß bei dem abweichenden Verhalten des Fischlebens ein Schluß dahin, daß Wasser, welches Fischen erträglich ist, auch für Menschen erträglich sein wird, nicht zulässig sein kann.

§ 46. Verunreinigungen enthalten die Flüsse teils in gelöster, teils in nicht gelöster Form. Erstere für das Auge nicht erkennbaren Stoffe sind die gefährlichsten und es bereitet gerade ihre Wiederentfernung aus dem Wasser die größten Schwierigkeiten, während man Schwebestoffe verhältnismäßig leicht absondern kann.

Der bloße Augenschein kann für den Verunreinigungszustand eines Wasserlaufs um so weniger maßgebend sein, als dabei noch manche andre Faktoren mitsprechen. Gewöhnlich hat das Wasser offener Gewässer einen Stich ins Graue; auch sieht Wasser in tiefer Schicht unreiner aus als solches in flacher Schicht, und hängt übrigens die Durchsichtigkeit auch von der Färbung des Grundes ab. Gewisse Stoffe bewirken schon in den geringsten Mengenteilen starke Trübung oder Färbung, während andre in größeren Mengen vorhanden sein können, ohne das Aussehen des Wassers merklich zu beeinflussen. So kann schon 1 g fein geschlämmter weißer Thon, in 1 cbm Wasser geschüttet, den Eindruck einer stärkeren Trübung hervorbringen, wenn die Schicht 1 m hoch und der Grund des Gefäßes dunkelfarbig ist, und 50 mg Indigo in dieselbe Wassermenge wie vor gebracht, lassen die Färbung des Wassers blau erscheinen.

Einen bei der Ermittelung von Trübungen, d. i. für den Gehalt des Wassers an Sinkstoffen, namentlich für die Vergleichbarkeit brauchbaren Maßstab, bildet die Niederschlagshöhe, welche in einer gewissen Zeit in einem Glase entsteht. Wenn es sich aber um Wechsel in den Sinkstoffen, um spezifisch leichtere und schwerere Stoffe handelt, ist dieser Maßstab nicht mehr brauchbar. Gute Dienste leistet eine mit Skala versehene liegende Glasröhre von etwa 2—3 cm Weite und 20 bis 30 cm Länge, die an dem einen Ende mit einer Glasplatte verschlossen ist, an dem andern mit einer Stopfbüchse, durch die ein Draht in die Röhre geführt ist, auf dessen Spitze eine blanke, mit großen Ausschnitten am Umfange versehene Platte gesteckt ist. Je mehr diese Platte dem vor das andre Ende der Röhre gebrachten Auge genähert werden muß, um sichtbar zu werden, je trüber ist die in die Röhre gebrachte Wasserprobe und umgekehrt. Ebenfalls kann man stehende skalierte Glascylinder mit einem auf dem Boden befindlichen Körper benutzen, in die die Wasserprobe so hoch eingeschüttet wird, damit der erwähnte Körper noch von oben sichtbar ist. — Eine für das Auge nicht mehr erkennbare Verunreinigung von Wasser kann oft noch durch den Geruch festgestellt werden. Eis aus verunreinigtem Wasser stößt beim Auftauen einen üblen Geruch aus.

§ 47. Für das mechanische Verhalten der Schwebestoffe, namentlich in fließendem Wasser, ihre Verteilung, sind Form und spezifisches Gewicht bestimmend. Nach Form und Schwere kann man Schwebestoffe etwa wie folgt einteilen:

a) Schwimmende oder Schwebestoffe, zu denen Papier, Zeugreste, Stroh, Haare, Federn, Reste von Gemüsen und Früchten u. s. w. rechnen. Da dieselben nicht niedergeschlagen werden, sondern nur zufällig an Rauhheiten der Fassung hängen bleiben, ist die Entfernung aus den Abwässern, bevor dieselben den Fluß erreichen, von großer Bedeutung für letzteren.

b) Leichter Schlamm. Derselbe bleibt nur bei größeren Geschwindigkeiten als 150—300 mm schwimmend und sinkt bei kleineren zu Boden.

c) Feiner Sand. Er wird bei Geschwindigkeiten über 300 mm mitgeführt, bei kleineren niedergeschlagen.

d) Gröberer Sand. Derselbe bedarf je nach der Korngröße und Gestalt zur Mitführung Flußgeschwindigkeiten von 300—600 mm. Sand wird bei Wassergeschwindigkeit von 150 mm rasch niedergeschlagen. Der Niederschlag wird sehr stark, wenn die Geschwindigkeit nur 2—3 mm beträgt. (Dies

ist daher auch die Geschwindigkeit, welche bei der Klärung von Schmutzwassern vielfach verwendet wird.)

Der Anteil an Schwebe- und Sinkstoffen, welcher von häuslichen Abwässern mitgeführt wird, liegt zwischen den Grenzen $^1/_{1000}$ und $^1/_{5000}$, häufig an $^1/_{3000}$. Nimmt man einmal den Anteil $^1/_{1000}$ und ein andermal $^1/_{3500}$ an, so liefern 10000 cbm Abwässer 10 bezw. 3,5 cbm Schwebestoffmengen. Denkt man (wie es bei einer Stadt von 100 000 Einwohnern etwa zutrifft) diese Abwässermenge in einem Tag zufließend, so würde der betreffende Flußlauf in einem Jahre 3650 bezw. 1277 cbm feste Stoffe aufzunehmen haben. Bei dauernder Zuführung können dadurch sehr bedeutende Veränderungen seiner Bettform, des Gefälles u. s. w. entstehen. Doch ist zu beachten, daß nur ein Teil der Stoffe dauernder Besitz des Flusses bleibt, nämlich nur der in mineralischer Form befindliche, während der aus organischen Stoffen bestehende Teil von dem Tier- und Pflanzenleben des Flusses aufgezehrt, bezw. durch Mineralisierung auf ein geringeres Volumen zurückgeführt wird.

Unter den verunreinigenden Stoffen kommt einzelnen besondere Bedeutung zu. Dies gilt zunächst von spezifischen Giften anorganischer Art, alsdann von den Mikroben. Stickstoff- und Kohlenstoffverbindungen, Chlor, Natron, Schwefelsäure spielen die analoge Rolle wie bei Bodenverunreinigungen (S. 72 ff.), während Kalk- und Magnesiaverbindungen hier in der besonderen Richtung wirken, daß sie bei Anwesenheit freier oder halbgebundener Kohlensäure eine Vermehrung der Härte des Flusses*) herbeiführen.

§ 48. Indem die Verunreinigungsstoffe von Wasser in einem fortwährenden Umbildungsprozesse begriffen sind, können innerhalb kurzer Zeit wesentliche Aenderungen ihres Zustandes stattfinden. Dies gilt nicht nur mit Bezug auf die Fremdstoffe, sondern auch mit Bezug auf das organisierte Leben des Flußwassers. Es kann die Bakterienzahl in kurzer Zeit sich erheblich verändern. Den auf chemischen und biologischen Vorgängen beruhenden Veränderungen treten diejenigen durch Sedimentation hinzu, denen nicht nur die schwereren Stoffe, sondern auch die Mikroben unterliegen. Letztere sinken in stillstehendem oder wenig bewegtem Wasser zu Boden, sei es, daß dies vermöge der Eigenschwere erfolgt, sei es, daß sie an schweren Fremdkörpern haften und von diesen beim Sinken mit niedergerissen werden.

Aus dem raschen und vielseitigen Wechsel der Dinge ergiebt sich die Notwendigkeit, die Untersuchung von Wasserproben möglichst sogleich nach der Entnahme derselben auszuführen, da später ausgeführte Untersuchungen ein vergleichbares Resultat nicht liefern können.

Von wesentlichem Einfluß sind ferner Zeit und Ort der Entnahme, sowie die Entnahmeweise selbst, besonders wenn es sich darum handelt, Zahlen über die Durchschnittsbeschaffenheit des Wassers zu ermitteln. In diesem Falle werden die zuverlässigsten Zahlen vielleicht gefunden, wenn man das Auffanggefäß nicht in das — fließende — Gewässer selbst bringt, sondern dasselbe seitlich am Ufer aufstellt und es durch eine schwimmende — bezw. in bestimmter Tiefe festgehaltene — Einlaßvorrichtung mit dem Fluß in Verbindung bringt. Läßt man die Verbindung einige Stunden bestehen und ist das Gefäß so eingerichtet, daß das Wasser immerwährend durchpassieren kann, so wird man eine Probe erhalten, die freier von den Zufälligkeiten ist, welche bei unmittelbarer und rascher Entnahme im Flusse selbst sich geltend machen können.

*) 1 Härtegrad deutsch bezeichnet den Anteil von 1 Gewichtsteil kohlensaurem Kalk (Ca O) in 100 000 Teilen Wasser, oder von 10 mg in 1 l oder 10 g in 1 cbm.

1 Härtegrad englisch = 0,800 Härtegrade deutsch.

1 Härtegrad französisch = 0,560 Härtegrade deutsch.

Ein gewisses Bild von der Wirksamkeit unerwarteter Nebenfaktoren, die bei Untersuchungen verunreinigter Flußwässer mitspielen können und welches die Notwendigkeit erkennbar macht, für solche Untersuchungen einheitliche Normen zu schaffen, gewährt eine Mitteilung von Köhn in der Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. Bd. 25 (1893), welche sich auf Untersuchungen des Spreewassers bei Charlottenburg bezieht.

Die vorstehend berührten Umstände kommen um so mehr in Betracht, je größer und unregelmäßiger der Flußlauf ist und je größer die Unterschiede in der Geschwindigkeit des Wassers an verschiedenen Stellen seines Querprofils sind.

Auch der Menge der zu einer Untersuchung benutzten Wasserprobe kommt Bedeutung zu. Die Menge des geschöpften Wassers soll nicht unter 2 l sein; zur Untersuchung werden davon gewöhnlich 100 ccm benutzt, eine Menge, die einerseits noch „handlich" ist und andrerseits auch Zahlen von ausreichender Genauigkeit liefert. Zu feine, auf Milliontel ausgedehnte Genauigkeit, bei kleineren Mengen als 100 ccm angewendet, hat keinen Zweck, ist vielmehr leicht der Gefahr ausgesetzt, bei mit der Bedeutung von Zahlen weniger vertrauten Laien unrichtige Vorstellungen zu erwecken. Sind in 100 ccm = 100 g Wasser x g Fremdstoffe enthalten, so ist das Verhältnis:

$$\frac{x}{100} = \frac{10\,x}{1000}\text{ g} = 10\,x\text{ mg} = \frac{10000\,x}{1000}\text{ mg} = \frac{10\,x}{1\text{ l}}\text{ mg} = \frac{10\,x}{1\text{ cbm}}\text{ g},$$

demnach bequem übersehbar.

Dagegen werden Mikrobenzahlen in Wasser fast immer auf die Menge von 1 ccm Wasser bezogen; wenigstens gilt dies, wenn nicht ein andres hinzugefügt ist.

§ 49. Die Untersuchung von Abwässern auf die Mikrobenzahl ist ein Vorgang erst der neueren Zeit. Es liegen ihm verschiedene Ursachen zu Grunde. Während bei Fabrikwässern das Bedeutsame in der Regel in dem Anteil an mineralischen Fremdstoffen liegen wird, kommt es nach der neueren Auffassung in gewöhnlichen städtischen Abwässern auf diese Stoffe weniger an. Selbst die Anteile organischer Herkunft, die in diesen Wässern sich finden, haben an ihrer früheren Bedeutung eingebüßt und werden heute mehr nur noch als Indikatoren, die über die Herkunft eines Wassers die wahrscheinlichste Auskunft geben, benutzt. Entsprechend hat das Untersuchungsverfahren eine Wandlung dahin erlitten, daß man neuerdings darauf hinausgeht, die besondere Schädlichkeit im Wasser — die pathogenen Mikroben — direkt aufzufinden. Nahm man früher an, daß zwischen der Menge der — am bedenklichsten geltenden — organischen Substanz im Wasser und der Mikrobenzahl desselben ein gewisser Parallelismus bestehe, so hat sich diese Annahme als irrtümlich erwiesen. Wenn auch ein gewisser Zusammenhang vorhanden ist, so wird doch die Erkennbarkeit desselben durch eine ganze Reihe von Umständen verwischt. Es braucht hier bloß auf die großen Einflüsse hingewiesen zu werden, die die chemischen, biologischen und physikalischen Vorgänge, Ort, Flußgeschwindigkeit, Jahreszeit, Temperatur, Form der Stoffe, Kohlensäure-Armut oder -Reichtum des Wassers u. s. w., ausüben, Einflüsse, die bei der organischen Substanz wenigstens in andrer Weise zur Geltung gelangen können, als bei dem mikroskopischen Leben eines Gewässers. Entsprechend zeigt die Beobachtung, daß mit einem geringen Anteil an organischen Stoffen eine hohe Entwickelung des mikroskopischen Lebens und auch die umgekehrte Erscheinung parallel gehen kann. Jedenfalls aber — und hierin beruht der Wert, den die biologische Untersuchung von verunreinigten Wässern besitzt, insbesondere — ist das Bild, welches die letztere von dem Zustande liefert, ein viel schärferes als dasjenige, was bei

der chemischen Untersuchung gewonnen wird, weil einem Mehr oder Minder der organischen Substanz von einigen Milligramm ein Mehr oder Minder von Hunderttausenden oder gar von Millionen Keimen entsprechen kann. Hierzu ist insbesondere zu vergleichen eine ausführliche Arbeit von Frank, Verunreinigung der Gewässer in Hygien. Rundschau 1893. Beim Durchlauf der Spree durch Berlin ändert sich beispielsweise der zur Oxydation der organischen Substanz des Wassers erforderliche Bedarf an übermangansaurem Kali (S. 68) von 16,9 mg auf nur 23 mg, während die Zahl der Keime gleichzeitig von 6140 auf 329 900 steigt.

§ 50. Wenn aber bei gewissen Verunreinigungen die chemische Untersuchung unentbehrlich ist und wenn sie in jedem Falle angewendet werden muß, wo es darauf ankommt, den Zustand eines Flusses allseitig zu erkennen, so liegt und lag von jeher der Gedanke nahe, durch Festsetzung von Grenzwerten für gewisse Fremdstoffe, die in verunreinigtem Flußwasser in der Regel angetroffen werden, einen Maßstab für seine Brauchbarkeit, bezw. den zulässigen Grad einer unvermeidlichen Verunreinigung mit diesen Fremdstoffen zu gewinnen.

Die ersten Versuche dieser Art liegen, wie bereits S. 12 erwähnt ward, in England vor. Die nach Vorschlägen der sog. Rivers Pollution Commission festgelegte Grenzzahlenreihe und weiterhin das Gesetz von 1876 blieb indes mehr oder weniger ein toter Buchstabe, besonders wegen der in ihm enthaltenen Klausel, daß bereits bestehende Anlagen, um ungebunden zu sein, nur den Nachweis zu liefern hatten, daß die bestmöglichen überhaupt verwertbaren Mittel gegen Flußverunreinigung von ihnen bereits angewendet würden. Da nun auch erkannt ward, daß das Gesetz manche berechtigten Interessen unnötigerweise schädigte, so ward 1886 ein neues Gesetz mit neuen Grenzzahlen erlassen, welches diese verschieden festsetzte, je nachdem es sich um Flüsse mit oder ohne Trinkwassernutzung handelte. Daß diese generelle Trennung ebenfalls zu ganz unnötigen Härten gegen städtische Interessen führen kann, wird weiterhin nachgewiesen werden. Jedenfalls ist das Vorgehen Englands mit der Festsetzung von Grenzzahlenreihen bisher kein erfolgreiches gewesen, da die englischen Flüsse heute im allgemeinen stärker verunreinigt sind, als diejenigen der Länder des Kontinents. In einzelnen besonders schlimmen Fällen steht aber der englischen Verwaltung, um Abhilfe zu schaffen, das Mittel eines Verbots durch die höchste Verwaltungsstelle zu Gebote (eine Order of the High Court of Chancery).

Die beiden englischen Grenzzahlenreihen sind, zusammen mit den von dem badischen Fischereigesetz (S. 14) normierten Grenzzahlenreihen in folgender (aus Fischer, Das Wasser, entnommenen) Tabelle wiedergegeben:

Es sind zulässig Milligramm in 1 l Abwasser:

Stoffe	In England nach dem Gesetz von		In Baden nach dem Fischereigesetz von 1888	
	1876	1886	allgemein	im Rheinstrom
1. Schwebestoffe, organische	10	20	100 000	100 000
anorganische	30	50	—	—
2. Organischer Kohlenstoff	20	20	—	—
3. Organischer Stickstoff	3	10	—	—
4. Metalle	20	—	1000	5000
5. Arsen	0,5	—	1000	5000
6. Chlor	10	20	0	0
7. Schwefel, als H_2S oder lösl. Sulfid	10	20	1000	5000
8. Freie Säure, als HCl berechnet	20	100	1000	5000
9. Alkalien, als NaOH berechnet	20	20	1000	5000
10. Erdöl oder Kohlenwasserstoff	0,5	0,5	0	0
11. Ueber 50° erhitztes Wasser	—	—	0	0

Gelegentlich der in Berlin 1883 stattgefundenen internationalen Hygieneausstellung wurden einige Preise für die Abfassung einer Schrift über Flußverunreinigung und deren Abhilfe mit besonderer Rücksicht auf Gesundheit und Leben der Fische ausgesetzt. Unter den darauf eingegangenen Arbeiten wurde derjenigen des Professors König, die später unter dem Titel: König, Die Verunreinigung der Gewässer, Berlin 1887, veröffentlicht worden ist, der erste Preis zuerkannt. In dieser Schrift trat der Verfasser für die gesetzliche Feststellung von Grenzzahlenreihen ein und machte später auf dem sechsten internationalen Kongreß für Hygiene und Demographie zu Wien 1887*) folgende Vorschläge: Es soll verboten sein, in öffentliche Gewässer Abwässer einzuleiten, welche seinen Gehalt an Fremdstoffen in 1 l über die folgenden Zahlen hinaus erhöhen:

5—10	mg	suspendierte Schlammstoffe,
3	„	Stickstoff in irgend welcher Verbindung,
2	„	Schwefelwasserstoff, oder eines löslichen Schwefelmetalles,
5	„	freie Schwefelsäure oder freies Alkali,
0,01	„	Arsen,
10	„	Zink- oder Eisensulfat,
30	„	Eisen- oder Aluminium-Alaun,
200	„	Chlorcalcium oder Chlormagnesium,
500	„	Chlornatrium,
0,05	„	eines öligen oder theerigen Produktes.

Zur Oxydation der organischen Substanz soll nicht mehr als 2 mg übermangansaures Kali erforderlich sein, und das Flußwasser durch den Einlaß keine höhere Temperatur als 17° C. erlangen.

Dies sind sehr strenge Anforderungen, die wohl nur in seltenen Fällen eingehalten werden können (vergl. die S. 76 mitgeteilten Grenzzahlen für Trinkwasser). Die Königschen Vorschläge wiegen um so schwerer, als sie sich auf eine große Anzahl von Stoffen beziehen und Kompensationen unter denselben ausgeschlossen sind. Sie dürften danach kaum je Aussicht auf Annahme haben. Auch bietet die Erfahrung Beispiele stärkerer Verunreinigungen von Wasser, das dennoch ohne auffälligen Schaden für die Gesundheit als Trinkwasser benutzt wird.

Indem manche Hygieniker noch heute das einzig Bedenkliche der Abwässer in dem Gehalt derselben an organischer Substanz sehen, wenn diese einen gewissen Konzentrationszustand überschreitet, verlangen sie nichts weiter als die Erreichung eines gewissen Verdünnungszustandes. So hat v. Pettenkofer noch vor wenigen Jahren die Einleitung solcher Abwassermengen in Flußläufe für zulässig erklärt, bei denen das Verhältnis $\frac{\text{Flußwasser}}{\text{Abwasser}} \leqq \frac{15}{1}$ ist; er hat aber später das Verhältnis auf $\frac{40}{1}$ erhöht und im Interesse des raschen Eintritts der Verdünnung, sowie der Verhinderung von Ablagerungen die Bedingung hinzugefügt, daß an der Eintrittsstelle die Flußgeschwindigkeit größer sein müsse als die des Abwasserstromes. Das Verhältnis $\frac{40}{1}$ ist von der Isar entnommen. Andere erheben strengere Anforderungen; so z. B. verlangten die Londoner Commissioners of the Metropolitan Sewage Discharge das Verhältnis von $\frac{40}{1}$ selbst für die einem chemischen Reinigungsverfahren unterworfenen Abwässer, und Stearns vom Massachusetts State Board of Health

*) Berichte über die Verhandlungen des 6. internationalen Kongresses für Hygiene und Demographie zu Wien. 1887.

will das Verhältnis $\geqq \frac{130}{1}$ haben; selbst diese Verdünnung könne für gewisse gewerbliche Zwecke noch nicht ausreichen und vom Standpunkt der gesundheitlichen Interessen möge sie immer bedenklich sein*).

Letztere Auffassung ist zwar theoretisch unanfechtbar und gilt auch für noch viel weiter gehende Verdünnungen, hat in praxi, gegenüber dem „Unvermeidlichen", das hier eintritt, aber keine Bedeutung zu beanspruchen. Nach der Erfahrung können und müssen gewisse Verunreinigungen der Gewässer toleriert werden, und es wird daher nur die Aufgabe sein, diejenige Verdünnungsgrenze einigermaßen sicher festzulegen, mit welcher den berechtigten Ansprüchen der Gesundheitspflege einerseits und des wirtschaftlichen Lebens andrerseits in etwa gleicher Weise genügt ist. Diesen bestimmten Zweck hat das S. 18 mitgeteilte Wirken des deutschen Vereins f. öffentl. Gesundheitspflege bei der Ermittelung von Grenzzahlen im Sinne, dem aber ein Erfolg bisher versagt geblieben ist.

Wenn in den meisten Grenzzahlenreihen für Trinkwasser ein Anteil von 10 mg pro 1 l = 10 g pro 1 cbm organischer Substanz zulässig gehalten wird und ein Mensch pro Tag 40 g organische Substanz ausscheidet, so würden um diese Ausscheidung so weit zu verdünnen, daß das Flußwasser als Trinkwasser brauchbar wäre, nur 4 cbm von organischer Substanz freies Flußwasser notwendig sein, die der betreffende Fluß pro Tag abführen müßte. Um also die Fäkalien einer Stadtbevölkerung von 10000 Menschen ausreichend zu verdünnen, hätte der Fluß in 24 Stunden die Wassermenge von 40000 cbm, d. h. sekundlich $\frac{40000}{86400}$ rund 0,5 cbm von organischen Anteilen freies Wasser abzuführen; es würde also schon eine sehr geringe Flußgröße genügend sein, um die Fäkalien aus dieser Stadt bis zur Unschädlichkeit zu verdünnen.

Die Erfahrung lehrt überall, daß dies Ergebnis durchaus unrichtig ist, und die Gründe davon liegen auch auf der Hand. Zwei davon: daß das Flußwasser selbst nicht frei von organischer Substanz ist und daß außer den Fäkalien auch aus andern Quellen bedeutende Mengen von organischer Substanz dem Flusse zugeführt werden, fallen besonders ins Gewicht. Letztere Mengen, bei denen hauptsächlich an die Küchenwässer und andre Abwässer des Hauses, sowie an das Straßenwasser zu denken ist, müssen sehr bedeutende sein, um die meist hohe Verunreinigung erklären zu können, welche kleine Flüsse und selbst mittlere Flüsse in Städten regelmäßig aufweisen. Daraus aber folgt mit Sicherheit, daß die Fäkalien bei der Flußverunreinigung oft nur die kleinere Rolle spielen und die andern Faktoren den überwiegenden Einfluß äußern.

§ 51. Mit dieser Schlußfolgerung ist für die Vertreter des „tout à l'égout" gegenüber denjenigen der Trennsysteme eine Basis gewonnen, die um so mehr unanfechtbar erscheint, als jene Folgerung durch die Erfahrung bestätigt wird: die Abwässer aus Städten mit Schwemmkanalisation und solchen, aus denen die Fäkalien gesondert abgeführt werden, unterscheiden sich in ihrer Verunreinigung nur unmerklich. Diese Thatsache ist in durchschlagender Weise von der englischen Rivers Pollution Commission**) festgestellt, welche die Kanalwasser einer großen Anzahl von Städten analysierte und dabei folgendes Ergebnis fand:

*) Röchling, Rivers Pollution and Rivers Purification. S. 9.

**) First Report u. s. w.

Fremdstoffe	Es enthalten (Milligramm in 1 l) die Kanalwasser	
	aus 15 Städten mit Gruben- oder Kübelsystem im Durchschnitt aus 37 Analysen	aus 16 Städten mit Wasserklosetts im Durchschnitt aus 50 Analysen
Gelöst: Organischen Kohlenstoff	41,81	46,96
„ Stickstoff	19,75	22,05
Ammoniak	54,35	67,03
Stickstoff, als Nitrite und Nitrate	0	0,03
Stickstoff, insgesamt	64,51	77,28
Chlor	115,4	106,6
Gesamtrückstand	824,0	722,0
Suspendiert	391,1	446,9
In den suspendierten Stoffen Organisches	213,0	205,1

Allerdings liegen die Grenzen der Zahlen, aus denen die vorstehenden Durchschnittszahlen ermittelt sind, weit auseinander.

Frank hat im Jahre 1886/87 (April bis April) systematische Untersuchungen der Spree auf ihrem Laufe durch Berlin ausgeführt*), deren Ergebnisse ein hohes Interesse insofern bieten, als sie erweisen, daß auch in kanalisierten Städten die Flußverunreinigung noch recht bedeutend sein kann. Von der damaligen Bevölkerungszahl Berlins = 1 350 000 waren 1 105 000 = 82% an die Kanalisation angeschlossen; nichtsdestoweniger nahm der Verdampfungsrückstand und der Chloranteil des Spreewassers bei seinem Laufe durch die Stadt zu und ebenso wuchs die Menge des zur Oxydation der organischen Substanz erforderlichen Sauerstoffs. Ein recht scharfes Bild aber lieferte die Zählung der Keime, aus welcher die Zahlen für einige Hauptstationen hier mitgeteilt werden sollen.

Nr.	Stationen	Entfernung von der Anfangsstation km	Ermittelte Keimzahl in 1 ccm Wasser Grenzen	Mittelzahlen aus allen Beobachtungen (3—6)
1	Oberbaumbrücke, am Ostende der Stadt	0,0	1 900— 65 000	9 000
2	Jannowitzbrücke	2,3	3 000— 63 000	13 400
3	Friedrichsbrücke	4,3	5 700— 130 000	26 700
4	Ebertsbrücke	4,9	4 100— 154 000	37 500
5	Marschallsbrücke	5,9	3 500— 171 000	39 000
6	Moltkebrücke	6,7	4 500— 385 000	69 400
7	Moabiter Brücke	8,5	5 400— 154 000	51 000
8	Schleuse bei Ruhleben	20,0	32 600—1 250 000	197 000
9	Spandau, beim Zusammentritt mit der Havel	22,0	33 700—2 520 000	330 000
10	Pichelsdorf	33,0	6 300— 893 000	188 000
11	Gatow	36,0	9 000— 486 000	137 000
12	Cladow	38,0	2 900— 650 000	131 000
13	Sacrow	45,0	1 700— 296 000	10 200

Den Zahlen ist etwa folgendes beizufügen: Bis zur Station Moltkebrücke berührt die Spree Stadtteile, die bereits kanalisiert waren; bis dahin ist die Verun-

*) Frank, Bemerkungen zur Frage der Flußverunreinigung in Hygien. Rundschau. 1893.

reinigung mäßig. Alsdann geht die Spree an dem noch nicht kanalisierten Stadtteil Moabit vorüber und wird hier stark verunreinigt, noch stärker bei ihrem Durchfluß durch die ebenfalls noch nicht kanalisierte Stadt Spandau, unterhalb welcher (zwischen Station 9 und 10) alsbald wieder eine starke Abnahme der Keimzahl eintritt. Diese Abnahme geht langsam weiter, bis nach 45 km langem Lauf die Verunreinigung etwa wieder auf diejenige am Anfangspunkt der Strecke zurückgegangen ist. Unentschieden bleibt, welchen Einfluß bei dieser Selbstreinigung des Flusses etwa die Veränderungen des Flußregimes spielen, die in der Strecke stattfinden. Von Spandau abwärts bildet der Fluß seeartige Becken, in denen nur minimale Geschwindigkeiten stattfinden, also die Sedimentierung der Mikroben zur besondern Geltung kommen kann. Außerdem wird durch den Zufluß der Havel in Spandau die Wassermenge des Flusses auf etwa das Doppelte erhöht, was im allgemeinen als gleichbedeutend mit einer auf das Doppelte herabgesetzten Verdünnung der Fremdstoffe erachtet werden kann.

Von Interesse ist noch die Nebeneinanderstellung von Zahlen, die sich auf die Verunreinigung einiger Flußläufe beziehen, denen die Fäkalien teils zugeleitet, teils vorenthalten werden.

Milligramm in 1 l	1. Neckar		2. Lech bezw. Wertach			3. Isar		4. Elbe	
	unterhalb Stuttgart	in Cannstatt	oberhalb Augsburg		unterhalb Augsburg bei Gooshofen	oberhalb München	unterhalb München bei Freising	oberhalb Dresden	unterhalb Dresden
Suspendierte Stoffe . .	35,3	39,9	5,7	3,8	28,2	13,0	12,7	7,3	7,2
Gelöste Stoffe (Abdampfrückstände)	310,4	331,6	219,6	235,6	240,0	219,2	224,0	136,8	136,5
Chlor	7,3	9,8	0,98	1,47	1,96	1,96	2,94	8,9	8,7
Sauerstoffverbrauch bei der Oxydation . . .	3,35	3,45	1,33	2,80	2,66	2,42	2,48	18,4 (organ. Substanz)	17,6
Ammoniak	—	—	—	—	—	—	—	0,3	0,3
Salpetersäure	—	—	—	—	—	—	—	3,8	2,5

Da Stuttgart und Augsburg gut eingerichtete Abfuhreinrichtungen besitzen, so werden in beiden Städten die Fäkalien den Kanälen vorenthalten; in München gelangen aber große Mengen Fäkalien in den Fluß hinein, in Dresden alle. Der Unterschied tritt in den Zahlen der Tabelle wenig merkbar hervor, als weiterer Beweis, daß die Zuführung oder Vorenthaltung der Fäkalien keinen so großen Einfluß auf die chemische Beschaffenheit des Flußwassers, speziell die Verunreinigung ausübt, als vielfach angenommen wird.

Es seien schließlich als Beispiel noch ein paar Analysen mitgeteilt, welche sich auf das Wasser der Luppe bei Leipzig (eines Armes der Elster) beziehen. Die Luppe nimmt sowohl die Leipziger Abwässer als die Abwässer einer Anzahl Vororte der Stadt, als endlich diejenigen einer Anzahl von Fabriken, worunter besonders Gerbereien, chemische Fabriken, Rauchwarenfärbereien, Seifenfabriken, auf. Die Zahlen sind aus Fischer, Das Wasser etc., entnommen.

*) Ohne der Zahl eine besondere Bedeutung beizulegen, mag bemerkt werden, dass man im gewöhnlichen Flußwasser etwa 500 Keime antrifft.

Wasser von Tiefbrunnen und vor Verunreinigungen geschützten Quellen enthält 0 bis 50 Keime, etwas höhere Zahlen das Wasser aus Brunnen mit maschineller Förderung. Durch sorgfältige Sandfiltration kann die Keimzahl selbst von stark verunreinigten Flußwässern auf 100 und weniger herabgezogen werden. Die Zahl 100 ist vom Reichsgesundheitsamt als Grenzzahl für gefiltertes Wasser festgesetzt worden.

Fünf Analysen des Wassers, an verschiedenen Stellen des Flußlaufes entnommen:

Milligramm in 1 l = Gramm in 1 cbm	I	II	III	IV	V
Verdampfungsrückstand	297,3	262,0	280,9	261,2	249,2
Glühverlust	48,2	67,3	70,5	57,4	47,5
Organisch	14,3	17,5	37,8	19,1	18,1
Ammoniak	0,3	0,3	1,3	1,1	0,8
Salpetersäure	0,5	4,0	1,9	1,5	5,2
Salpetrige Säure	Spur	Spur	—	Spur	0,5
Chlor	14,9	17,7	24,2	21,3	19,4
Schwefelsäure	39,8	41,4	39,8	41,0	38,9
Kohlensäure	41,5	39,2	51,3	46,2	43,2
Kalk	63,2	63,3	70,8	66,5	65,9
Magnesia	13,8	13,1	14,5	13,3	13,4
Phosphorsäure	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur
Damit korrespondierende mittlere Wassergeschwindigkeiten	1,99	0,50	—	0,17	0,22
Sekundliche Wassermenge in Kubikmetern	2,85	2,91	1,58	4,49	4,53

§ 52. Da die Menge der Abfallstoffe einer Stadt in einem gewissen, wenn auch wechselnden Verhältnis zur Einwohnerzahl derselben steht, sind Versuche so erklärlich als berechtigt, aus der Einwohnerzahl einer Stadt, der Wassermenge und der Geschwindigkeit eine Norm für die zulässige Verunreinigung eines Flusses zu gewinnen. Stillschweigende Voraussetzung ist dabei, daß die Verunreinigung nur diesen, nicht auch noch andern Ursachen entstammt. Normen, die nur die Einwohnerzahl einer Stadt berücksichtigen, sind also da unanwendbar, wo der Fluß nicht einem regen Schiffsverkehr dient. Auf den Wasserflächen der Spree in Berlin (zusammen 180 ha) wurden 1890 nicht weniger als 3787 Köpfe Schiffsbevölkerung gezählt, d. h. pro ha 21 Köpfe, d. h. ebenso viel als in dünn bevölkerten Städten Bewohner auf 1 ha Stadtgebiet kommen.

Eine Norm der obigen Art ist, soviel bekannt, zuerst von Fleck aufgestellt; dieselbe lautet:

$$\frac{q\,v}{E} \geqq 0{,}0001 \text{ oder auch: } E \leqq \frac{q\,v}{0{,}0001} \leqq 10\,000\, q\,v.$$

Darin bezeichnet E die Einwohnerzahl der Stadt, q die sekundliche Wassermenge und v die sekundliche Geschwindigkeit des Flusses. Wäre etwa $q = 1$ (cbm) und $v = 1$ m, so würden hiernach dem Flusse die Abwässer einer Stadt bis zu 10000 Einwohnern übergeben werden können, bei $q = 1$ cbm und $v = 0{,}5$ m einer Stadt bis zu 5000 Einwohnern und bei $q = 0{,}5$ cbm, $v = 0{,}5$ m einer Stadt bis zu 2500 Einwohnern. Die Fleck sche Norm läßt also verhältnismäßig hohe Einwohnerzahlen zu, ist aber auch von ihrem Urheber nur auf den noch nicht verunreinigten Oberlauf eines Flusses anwendbar erklärt worden. Bei bereits von oben her verunreinigten Flußstrecken würde man mit entsprechend verminderten Zahlen rechnen müssen.

Die Fleck sche Norm steht dem Einwand offen, daß sie keine Rücksicht darauf nimmt, ob etwa die gesamte Bewohnerschaft der Stadt, oder nur ein Teil derselben ihre Fäkalien dem Flußlaufe überweist. Diesem Umstande, dem freilich nach dem,

was oben vorausgeschickt, keine durchschlagende Bedeutung beizumessen ist, trägt eine von Baumeister aufgestellte Norm*) Rechnung, welche lautet:

$$k = \frac{Q\,v}{(1+c)}\,E,$$

worin q die in 24 Stunden abfließende Wassermenge des Flusses ist, v dieselbe Bedeutung wie oben hat und c eine Verhältniszahl, welche angiebt, der wievielste Teil der Stadtbewohnerschaft dem Flusse die Fäkalien zusendet. Bei Städten ausschließlich mit Abfuhr ist $c = 0$, bei Städten mit vollständig durchgeführtem Schwemmsystem ist $c = 1$; bei gemischten Zuständen hat c einen entsprechenden, zwischen 0 und 1 liegenden Wert. k bezeichnet einen Koeffizienten, an dessen eventuelle gesetzliche Festlegung gedacht werden könnte.

Man kann leicht bestimmen, bei welchem Wert des Koeffizienten die Baumeistersche Norm übereinstimmende Werte mit der Fleckschen giebt. Beispielsweise findet sich für die obigen zusammengehörenden Werte von q und v, sowie für $c = 1{,}0$, $c = 0{,}5$ und $c = 0$:

$$E = \frac{86400 \,.\, 1 \,.\, 1}{1+1} \,.\, \frac{1}{k} = \frac{43200}{k};\ \text{und entsprechend: } E = \frac{43200}{k} \,.\, \frac{4}{3} = \frac{57600}{k};$$

$$\text{und ferner: } E = \frac{43200}{k} \,.\, 2 = \frac{86400}{k};\ \text{bezw.}$$

$$E = \frac{86400 \,.\, 1 \,.\, 0{,}5}{1+1} \,.\, \frac{1}{k} = \frac{21600}{k};\ \text{und entsprechend: } E = \frac{21600}{k} \,.\, \frac{4}{3} = \frac{28800}{k};$$

$$\text{und ferner: } E = \frac{21600}{k} \,.\, 2 = \frac{43200}{k};\ \text{bezw.}$$

$$E = \frac{86400 \,.\, 0{,}5 \,.\, 0{,}5}{1+1} \,.\, \frac{1}{k} = \frac{10800}{k};\ \text{und entsprechend: } E = \frac{10800}{k} \,.\, \frac{4}{3} = \frac{14400}{k};$$

$$\text{und ferner: } E = \frac{10800}{k} \,.\, 2 = \frac{21600}{k}.$$

Diesen Zahlen würden, um auf die Einwohnerzahlen der Fleckschen Norm zu kommen, folgende Werte von k entsprechen:

$$k = 4{,}32; \qquad k = 5{,}76; \qquad k = 8{,}64.$$

Voraussetzung der Anwendbarkeit der Baumeisterschen Norm wird bei Benutzung derselben, wie hier geschehen, sein müssen, daß der Fluß rein sei; man kann aber diese Voraussetzung durch eine entsprechende Festsetzung über k zum Ausdruck bringen. Im übrigen hat der Autor seine Norm nicht unmittelbar für diese Verwendungsweise bestimmt, vielmehr für den Zweck der Vergleichung der Verunreinigung von Flüssen bei ungleich großen Städten und ungleichen Zuständen, was die Beseitigungsweise der Fäkalien anbetrifft. Er berechnet a. a. O. für eine Anzahl von Städten den Wert von k und findet denselben in so weiten Grenzen schwankend, daß damit die unterschiedlose, auf die betreffenden Zustände der Stadt und die besonderen Verhältnisse des Flusses keine oder nur wenig Rücksicht nehmende Beurteilung und Behandlung der Flussverunreinigung, wie sie vereinzelt auch heute noch stattfindet, ad absurdum geführt erscheint. Näheres muß in den Quellen selbst nachgelesen werden.

Beiden obigen Normen ist es gemeinsam, daß sie auf die Temperaturen des Wassers und die besondere Beschaffenheit des Flußbettes — ob reguliert oder nicht, ob von fester oder lockerer Beschaffenheit, ob breit oder schmal, gleich-

*) D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl., Bd. 24 (1892), und Hyg. Rundsch. 1892.

mäßig oder wechselnd tief, Faktoren, welche auf den Verunreinigungszustand eines Flusses erheblich einwirken — keine Rücksicht nehmen; doch erscheint es auch unmöglich oder doch sehr schwierig, derartige Faktoren in ziffermäßiger Form zum Ausdruck zu bringen.

§ 53. Auf einen den verschiedensten Gesichtspunkten, die bei der Flußverunreinigung in Betracht kommen, wohl am meisten entsprechenden Standpunkt stellt sich Flügge, indem er (Flügge, Grundriß der Hygiene) folgendes ausspricht: „Werden die Abwässer der Stadt unterhalb derselben in den Fluß eingelassen und liegen auf längere Strecken keine Ortschaften am Flusse, oder wird wenigstens das Wasser des Flusses in keiner Weise von den Anwohnern benutzt, so ist geringe oder gar keine Gelegenheit zur Infektion gegeben, und in solchen Fällen hat auch die Statistik einen gesundheitsschädlichen Einfluß der Flußverunreinigungen nicht nachweisen können [hierzu würden Ausnahmen hinsichtlich der Tideströme und der Flüsse, in welchen sich Stauwerke befinden, zu machen sein, auch die halb oder ganz ‚stehenden' Gewässer sind auszunehmen. D. V.].

„Es würde unrichtig sein, die Einleitung der Kanalwässer in die Flüsse prinzipiell für alle Fälle zu verbieten; die Entscheidung ist vielmehr abhängig zu machen 1. von der Menge [und Beschaffenheit! D. V.] der Kanalwässer, 2. der Wassermenge und Geschwindigkeit des Flusses, 3. der Ufergestaltung und dem Verlauf des Flusses [Form, Tiefe u. s. w. des Flußbettes. D. V.], 4. von der Bewohnung der abwärts gelegenen Uferstrecken und der Benutzung des Flußwassers.

Die bei Arbeitern im Kanalisationsbetriebe selten beobachtete Infektion ist hauptsächlich auf die starke Durchmischung und Verdünnung der Abwässer zurückzuführen. Die einzelnen konzentrierten Infektionsquellen sind zerteilt und in dem Chaos von harmlosen Bakterien und körperlichen Elementen andrer Art untergegangen. Finden auch Berührungen mit minimalen Teilen dieser Masse statt, so bestehen doch keinerlei Chancen dafür, daß in diesen kleinsten Partikelchen Infektionserreger enthalten sind. Etwas andres ist es, wenn ganze Bevölkerungen von einem hochgradig verunreinigten Wasser vielseitigen Gebrauch machen, dasselbe fortgesetzt trinken etc. Dadurch würde eine so ausgiebige Berührung mit den Kanalwässern hergestellt werden, daß mit großer Wahrscheinlichkeit gelegentlich auch Infektionserreger aufgenommen werden würden."

§ 54. Seit dem Ende des Jahres 1888 wird in Preußen bei der Beurteilung von Flußverunreinigungsfragen nach Normen verfahren, die von der Wissenschaftlichen Deputation für das Medizinalwesen festgestellt und auf S. 17 bereits erwähnt worden sind. Diese Normen werden, samt einem Auszug aus der Begründung derselben, nachstehend im Wortlaut mitgeteilt.

Normen der Wissenschaftlichen Deputation vom 24. Oktober 1888, betreffend Flufsverunreinigung.

Vom Standpunkt der öffentlichen Gesundheitspflege ist es erforderlich, daß die Verwaltungsbehörden bei den Anordnungen zur Verhütung einer gemeinschädlichen Verunreinigung der öffentlichen Wasserläufe (worunter alle fließenden Gewässer ohne Unterschied des Eigentumsrechts verstanden sind) folgende Grundsätze beachten:

I. Gemeinschädliche Verunreinigungen öffentlicher Wasserläufe entstehen:
1. durch Infektionsstoffe,
2. durch fäulnisfähige Stoffe,
3. durch toxisch wirkende Stoffe,
4. durch andre Stoffe, die den Gebrauch des Flußwassers zum Trinken, zum Hausgebrauch, in der Landwirtschaft, oder in der Industrie beschränken, oder die Fischzucht gefährden.

Zu 1. Infektionsstoffe können enthalten sein in allen aus den menschlichen Wohnungen oder deren Umgebung herrührenden Schmutzwässern, also nicht bloß in den Fäkalien, sondern in allen, im menschlichen Haushalt gebrauchten und aus demselben wieder zu entfernenden Wässern, sowie in den Niederschlags- und Reinigungswässern von Höfen, Straßen und Plätzen. Das Gleiche gilt von den Abgängen aus Schlächtereien und aus solchen Gewerbebetrieben, die Lumpen, Felle, Haare oder tierische Abfälle verarbeiten.

Die Verwaltungsbehörden haben deshalb dafür Sorge zu tragen, daß alle solche Schmutzwässer den öffentlichen Wasserläufen, so weit dies irgend thunlich, erst zugeführt werden, nachdem dieselben zum Zwecke der Unschädlichmachung einem von der Aufsichtsbehörde als geeignet anerkannten Verfahren unterworfen worden sind.

Zu 2. Hinsichtlich der zu 1. oben erwähnten Schmutzwässer und hinsichtlich derjenigen Abwässer aus gewerblichen Anlagen, die nicht unter Nr. 1 fallen, aber fäulnisfähige Stoffe enthalten, ist darauf zu achten, daß solche Wässer den öffentlichen Wasserläufen erst in völlig geklärtem Zustande zugeführt und in dem letzteren so weit verdünnt werden, daß später nicht stinkende Fäulnis eintreten kann. Alle Abwässer dieser Art — auch die Straßenwässer — sind fäulnisfähig und demgemäß zu behandeln.

Die Feststellung von Grenzwerten für den Gehalt der gereinigten Abwässer an fäulnisfähigen Stoffen verschiedener Art mit Rücksicht auf Temperatur und Bewegung des Wassers ist notwendig. Vorläufig ist der zulässige Grad der Verunreinigung danach zu bemessen, daß unverkennbare Anzeichen stinkender Fäulnis, wie Fäulnisgeruch und Entwickelung von Gasblasen auch beim niedrigsten Stande des Flußwassers und bei höchster Sommertemperatur fehlen müssen.

Die getrennte Beseitigung der Fäkalien macht die übrigen Schmutzwässer nur unwesentlich weniger fäulnisfähig.

Zu 3. Toxisch wirkende Stoffe kommen, und zwar nach den gegenwärtigen Erfahrungen, nur als mineralische Gifte (Arsenik, Blei) und betreffs der gewerblichen Abwässer in Betracht. Sehr geringe Mengen sind unschädlich. Es wird darauf Bedacht zu nehmen sein, daß die Grenze durch Sachverständige bestimmt festgesetzt wird, innerhalb deren die Zuführung solcher Stoffe in die öffentlichen Wasserläufe zulässig sein würde.

Zu 4. Auch durch andre als die zu 1.—3. bezeichneten Stoffe können Wasserläufe so verunreinigt werden, daß das Flußwasser zum Gebrauch als Trink- und Wirtschaftswasser, für andre Industrien und für die Landwirtschaft unbrauchbar, oder die Fischzucht gefährdet wird. Es gilt dies insbesondere für Zuflüsse von Färbereien, Soda-, Gas- und andern chemischen Fabriken, Abgängen von Paraffin und Petroleum, heißen Kondensationswässern, Chemika-

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

lien, welche zur Klärung und Desinfektion von Abwässern gedient haben u. s. w.

Entscheidend für die Frage, ob die Zuführung dieser Abwässer auf so geartete Stoffe erst von einer vorhergehenden Reinigung abhängig zu machen sei, bleibt der Satz, daß das Flußwasser in seiner Klarheit, Farblosigkeit, im Geschmack, Geruch, Temperatur und Gehalt an gelösten Mineralstoffen (Härte) nicht **wesentlich** verändert sein darf.

Allgemein anwendbare, in bestimmten Zahlen ausgedrückte oder die Grenze sonst genau bezeichnende Bestimmungen darüber, wann dies anzunehmen sei, sind bis jetzt bei uns nicht aufgestellt. Da übrigens die Rücksicht auf die Gesundheit dabei nur selten in erheblicher Weise und nur mittelbar, meist aber nur Vermögensobjekte in Betracht kommen, so werden die verschiedenen Interessen in ihrer Wichtigkeit verständig gegen einander abzuwägen sein.

Insofern als Flußwasser als Trinkwasser verwendet werden soll, ist es wünschenswert, daß die für die zulässigen Veränderungen festzustellenden Grenzwerte dabei zur Anwendung kommen.

II. 1. Die Haushaltungs- und Abtrittswässer, sowie die Niederschlagswässer von Höfen, Straßen und Plätzen können nach den bis jetzt gemachten Erfahrungen mit dem nachstehend dargelegten Maßstabe gemessen, so vollständig als nötig gereinigt werden.

a) Sie werden durch das Berieselungsverfahren von Infektionsstoffen und fäulnisfähigen Stoffen so weit befreit, daß die Ableitung der Rieselwässer in öffentliche Wässer ohne weiteres geschehen kann.

b) Sie werden durch geeignete, mit mechanischen Einrichtungen verbundene chemische Verfahren (Aetzkalk, in Verbindung mit andern Fällungsmitteln) von Infektionsstoffen und suspendierten fäulnisfähigen Stoffen vollständig, von gelösten fäulnisfähigen Stoffen aber nur teilweise befreit. Um nachträgliche Fäulnis zu verhüten, muß die Menge des Flußwassers ausreichen, die gelösten Stoffe gehörig zu verdünnen; andernfalls muß das Wasser noch einen genügenden Zusatz eines fäulniswidrigen Mittels (Kalk u. s. w.) enthalten. Die Reinigung muß in zweckmäßig angelegten einheitlichen Anstalten geschehen. Durch die Anhäufung von Schlammwasser dürfen neue Schädlichkeiten nicht hervorgerufen werden.

2. Die zu 1. aufgestellten Sätze gelten für gewerbliche Abwässer in gleicher Weise.

3. Notauslässe von Kanalisationsanlagen sind bei beiden Verfahren (1. a und 1. b) zulässig; der Ort ihrer Anlage, ihre Zahl und ihre Benutzung sind zu kontrollieren; Zahl und Benutzung ist möglichst einzuschränken.

4. Die gesamten Reinigungsverfahren müssen fortlaufend auf ihre ausreichende Wirksamkeit kontrolliert werden.

5. Die Wissenschaftliche Deputation nimmt davon Abstand, für die Reinigung der Abwässer von den zu Satz I. Nr. 4 oben aufgeführten Stoffen Vorschläge zu machen, aus demselben Grunde, aus welchem solche Vorschläge in betreff der anorganischen Verunreinigungen von ihr oben nicht gefordert worden sind.

III. Ob ein Fluß durch Infektionsstoffe so verunreinigt ist, daß eine Abhilfe des bestehenden Zustandes erforderlich wird, kann man auf Grund einer bak-

teriologischen Untersuchung des Flußwassers an den verschiedenen, dabei in Betracht kommenden Stellen, im Vergleich mit den Abwässern an demjenigen Punkt, an welchem sie in den Fluß eingeleitet werden, erkennen. Außerdem wird das Auftreten einer Infektionskrankheit, welche auf Benutzung des Wassers zu beziehen ist, sehr entscheidend mitsprechen. Es darf aber mit der Abhilfe bis dahin nicht gewartet werden.

Schließlich kann auch die Thatsache, daß solche Abgänge, von denen zu befürchten ist, daß sie zur Entstehung von Infektionskrankheiten Anlaß geben und welche undesinfiziert in einen Flußlauf gelangen, ein amtliches Einschreiten erfordern. Dies wird insbesondere der Fall sein, wenn die Abgänge aus Krankenhäusern, Waschanstalten, oder aus Wohngebäuden mit infektionskranken Personen herrühren. Das Vorhandensein fäulnisfähiger Stoffe im Uebermaß wird man daran erkennen, daß das Flußwasser erheblich gefärbt, oder verschlammt, oder stinkend wird. Das Aufsteigen von Gasblasen aus dem am Boden des Flusses abgelagerten Schlamm ist ein untrügliches Kennzeichen eines Zustandes, welcher der Abhilfe bedarf.

Ob toxisch wirkende Stoffe in einem Umfange vorhanden sind, daß Abhülfe notwendig ist, wird im Einzelfall durch sachverständige Prüfung zu ermitteln sein.

Ob endlich andre derartige Stoffe sich in den, einem Flusse zugeführten Abwässern befinden, wird aus den eingetretenen unverkennbaren Mißständen sich ergeben.

IV. Die Beurteilung einer geplanten Anlage in Bezug auf die davon zu erwartende gemeinschädliche Verunreinigung öffentlicher Wasserläufe hat in jedem einzelnen Falle unter Berücksichtigung der voraussichtlich produzierten Schmutzwässer und der beabsichtigten Vorkehrungen zur Reinigung derselben auf Grund der in obigen Thesen aufgestellten Grundsätze zu geschehen.

V. Es ist wünschenswert, daß eine Kommission eingesetzt wird, welche dafür zu sorgen hat, daß die noch fehlenden wissenschaftlichen Unterlagen für eine endgültige Regelung der Maßnahmen zur Reinhaltung der öffentlichen Wasserläufe beschafft werden.

Aus der Begründung der vorstehenden Normen wird hier nur folgendes Wichtigere mitgeteilt:

. . . Die Zahl der Infektionskrankheiten, deren Keime, wenn sie in öffentliche Wasserläufe geraten, Epidemien hervorrufen können, ist allem Anschein nach nur eine beschränkte. Mit Sicherheit kann man vorläufig nur Milzbrand, Unterleibstyphus und Cholera dahin rechnen. Die Typhusepidemien von Genf und Zürich und die Choleraepidemien in London (später 1892 in Hamburg und 1892/93 in Nietleben) lieferten den unwiderleglichen Beweis dafür, daß die Verunreinigung eines öffentlichen Wasserlaufs bedeutende und oft explosionsartig auftretende Epidemien veranlassen kann. Durch Milzbrandkeime können der Erfahrung gemäß unter ähnlichen Verhältnissen Epizootien hervorgerufen werden. Unzweifelhaft finden aber auch noch andre Infektionsstoffe, zu denen beispielsweise die Eier und Embryonen von Eingeweidewürmern rechnen, ihren Weg in die öffentlichen Wasserläufe, um von da aus wieder in den menschlichen Körper zu gelangen.

Abgesehen von den Milzbrandkeimen, welche wohl ausschließlich mit den Abgängen aus Abdeckereien, Gerbereien, Fabriken zur Verarbeitung von Tierhaaren u. s. w. dem Wasser zugeführt werden, sind die übrigen Infektionsstoffe in den Abgängen aus dem menschlichen Haushalte enthalten; und zwar können in dieser Hinsicht alle Abgänge Träger von Infektionsstoffen sein.

In erster Linie sind natürlich die Fäkalien als Infektionsträger zu fürchten; aber nicht weniger bedenklich müssen auch die übrigen flüssigen Abgänge aus dem Hause erscheinen, in welche mit dem Wasser, das zur Reinigung des Körpers, der Wäsche, der Krankenräume u. s. w. gedient hat, unter allen Umständen Infektionsstoffe, wenn solche überhaupt in dem betreffenden Hause vorhanden sind, gelangen müssen.

Hiernach würde es also, so weit es sich um Beseitigung der Infektionsgefahr handelt, nicht richtig sein, gegen die durch das Einleiten von Fäkalien hervorgerufene Verunreinigung **allein** vorzugehen und das Hausschmutzwasser als ungefährlich zu behandeln.

Da die Umgebung der Wohnung mehr oder weniger der Ablagerung von Infektionsstoffen durch Fäkalien, sowie durch feste und flüssige Abgänge des Haushaltes ausgesetzt ist, und das mit Höfen und Straßen in Berührung kommende Wasser von dort aus schädliche Stoffe den öffentlichen Wasserläufen zuschwemmen kann, so sind auch diese Schmutzwässer immer noch als infektionsverdächtig anzusehen und als solche zu behandeln.

Mit zunehmender Verdünnung derartiger unreiner Zuflüsse nimmt die Infektionsgefahr zwar ab, schwindet aber nie ganz, da noch ein einzelner Keim infizieren kann. Daher läßt sich auch in Bezug auf Infektionsstoffe nicht — wie bei toxisch wirkenden Verunreinigungen, die zur schädlichen Wirkung einer bestimmten Konzentration bedürfen — eine bestimmte Grenze für den der Abhilfe bedürfenden Grad der Verunreinigung angeben.

Infektionsstoffe sollen unter allen Umständen auch in den allergeringsten Mengen von den öffentlichen Wasserläufen ferngehalten werden.

(Wegen Litteraturangaben über Flußverunreinigung vergl. am Ende des Kapitels 2.)

2. Kapitel.

Selbstreinigung der Flüsse.

§ 55. Flußverunreinigung kann, wie Bodenverunreinigung, dauernd oder vorübergehend sein. Dauernder Verunreinigungszustand setzt dauernde Zuführung von Schmutzstoffen voraus, weil Wasser die Fähigkeit besitzt, zugeführte Fremdstoffe, sei es aufzulösen, sei es in andre Verbindungen überzuführen; daneben findet Sedimentierung statt. Diese Wirksamkeit eines Flusses wird als Selbstreinigung bezeichnet; sie ist bei verschiedenen Flüssen in sehr verschiedenem Grade vorhanden.

Insofern als die Thätigkeit des Flusses in der bloßen Sedimentierung von Fremdstoffen besteht, kann sie nicht, oder doch nicht immer, oder nicht ganz als Reinigung im engeren Sinne gelten. Denn Sedimentation bedeutet nur eine Ortsveränderung, bei der die Fremdstoffe im Wasser bleiben und gelegentlich sich auch wieder mit demselben mischen können. Ausnahmen finden bei Gewässern von besonderer Tiefe oder von großer Geschwindigkeit, oder mit besonderer Form des Bettes statt. Hier können die durch Sedimentierung ausgeschiedenen Stoffe dauernd an den Ablagerungsstellen verbleiben, durch Umbildungen verändert, auch vermöge Aufzehrung durch das Pflanzen- und Tierleben des Gewässers verschwinden. Bei großer Flußgeschwindigkeit werden die spezifisch leichteren Schwebestoffe große Strecken weit mitgeführt, bis sie zu Stellen mit minderer Flußgeschwindigkeit gelangen, wo

die Schwerkraft das Uebergewicht erhält und sie infolge davon zu Boden sinken. Im allgemeinen werden von dem Vorgange der Sedimentierung nur die spezifisch schwereren Schwebestoffe, d. i. die anorganischen, erfaßt, während die leichteren, organischen Stoffe, die vielfach auch von flockiger, das Sinken erschwerender Form sind, im bewegten Wasser dauernd, oder doch auf lange Zeit schwebend bleiben. Auf diese, dem Wasser mechanisch beigemengten Stoffe, und daneben auf diejenigen, welche gelöst im Wasser enthalten sind, ist die Selbstreinigungskraft eines Gewässers zu beziehen. Dieselbe hängt, wie leicht erkennbar, von verschiedenen Faktoren ab, und zwar der Menge der Fremdstoffe im Vergleich zur Wassermenge des Flusses, von der chemischen und physikalischen Beschaffenheit des Wassers, die zum Teil von der geologischen Beschaffenheit und der Form des Flußbettes bedingt ist, und von Besonderheiten der verunreinigenden Stoffe.

Die Selbstreinigung erstreckt sich nur auf eine geringe Anzahl von anorganischen Verbindungen: Schwefelsäure, Chlor und Alkalien werden nicht davon berührt. Die Umbildung des Kohlenstoffes schreitet nicht so weit vor, daß Kohlensäure gebildet wird. Eisen wird aus Kohlenstoffverbindungen gelöst und in Eisenoxyd übergeführt, welches ausfällt, oder auch sich mit Schwefel verbindet.

§ 56. Die Selbstreinigung in dem vorstehend umschriebenen engeren Sinne ist ein Zersetzungsvorgang (S. 43 ff.), dessen Verlauf von dem Verlauf derjenigen Zersetzungsvorgänge, welche dort beschrieben sind, sich aber durch die Mitwirkung relativ großer Wassermengen und der Beschaffenheit des Wassers — hier kommen besonders Kohlensäure- und Sauerstoffanteile, sowie das vegetative Leben des Flusses in Betracht — unterscheidet.

Da als Verunreinigungen der Flüsse nicht nur anorganische, sondern auch organisierte Stoffe gelten, ist die Selbstreinigung auch auf die Vernichtung der mit den Fremdstoffen zugeführten Mikroben zu beziehen. Hierbei ist die Wirksamkeit von Meerwasser derjenigen vom Flußwasser überlegen.

Die genauere Kenntnis der Bedingungen und des Verlaufs der Selbstreinigung ist eine Errungenschaft erst der neueren und neuesten Zeit. Die englische Rivers Pollution Commission (S. 12) sah in derselben einen reinen Oxydationsvorgang, welcher durch den Sauerstoffgehalt des Wassers unterhalten werde. Je mehr davon vorhanden sei, oder je mehr künstlich zugeführt werde, um so rascher werde die Selbstreinigung vorschreiten und umgekehrt. Die Kommission stellte ausgedehnte Versuche mit verunreinigtem Wasser an, indem sie dasselbe in dünner Schicht vielfach wiederholt über ein Mühlrad gehen ließ und nach Erreichung bestimmter Umdrehungszahlen, d. h. nachdem das Wasser bestimmte, große Wegeslängen in Berührung mit der Luft zurückgelegt hatte, dasselbe analysierte. Sie faßte das Ergebnis dieser Arbeiten in folgenden kurzen Ausspruch zusammen*):

„Ob wir entweder die Verunreinigung eines Flusses mit organischen Stoffen an verschiedenen Stellen seines Laufes bestimmen, oder die Abnahme der organischen Stoffe in Kloakenwässern oder Harn ermitteln, die sich ergiebt, wenn diese Flüssigkeiten mit reinem Wasser gemischt und in Berührung mit der Luft heftig bewegt werden, oder endlich untersuchen, welcher Anteil an gelöstem Sauerstoff aus einem Wasser verschwindet, welches mit 5 % Kloakenwasser versetzt ward: in jedem dieser drei Fälle gelangen wir ausnahmslos zu der Schlußfolgerung, daß die Oxydation der organischen Stoffe mit außerordentlicher Langsamkeit vor sich geht, und dies auch dann, wenn das verunreinigte Wasser mit einem sehr

*) Sixth Report of the Commission appointed in 1868 to inquire into the best Means of Preventing the Pollution of Rivers.

großen Volumen reinen Wassers versetzt ward. Es ist daher unmöglich zu sagen, einen wie langen Weg verunreinigtes Wasser durchlaufen muß, bevor die Oxydation der organischen Stoffe vollständig bewirkt ist. Man wird sicher gehen, wenn man annimmt, daß es im ‚Vereinigten Königreich‘ keinen Fluß giebt, der lang genug ist, damit eine völlige Selbstreinigung desselben stattfinden könne.

„Um so mehr, so fährt die Kommission — wohl mit einer zu hohen Wertschätzung dieses Teils der Selbstreinigung fort — ist auf die Sedimentierwirksamkeit der Flüsse zu rechnen, insbesondere bei langsam fließenden Gewässern. Beobachtungen von Mersey, Irwell und Darwen haben ergeben, daß dadurch folgende Mengen von verunreinigenden Stoffen niedergeschlagen werden:

	Mineralische Stoffe	Organische Stoffe	Im ganzen
	%	%	%
bei 18 km Lauf	47,8	50,0	48,6
„ 18 „ „	14,3	30,9	22,7
„ 21 „ „	10,6	13,3	11,3
„ 21 „ „	30,3	79,8	55,1

Diese und anderweite Untersuchungen aus früherer Zeit legten den nahen Zusammenhang offen, der zwischen den Mengen von Sauerstoff und Stickstoff, welche verunreinigtes Flußwasser enthält, besteht. Ermittelungen an der Seine bei Paris lieferten folgende Ergebnisse, nach denen die darin stattfindenden Wechsel in den Mengen jener beiden Stoffe in umgekehrten Richtungen verlaufen*):

Das Seinewasser enthält in 1 cbm:

	Sauerstoff	Stickstoff
	ccm	g
30 km oberhalb Paris	5,34	1,90
Nach dem Eintritt in das Weichbild von Paris .	1,75	25,05
Im Innern der Stadt	4,60	20,00
5 km unterhalb Paris	1,05	98,08
15 „ „ „	1,54	1,90
25 „ „ „	1,91	3,50
55 „ „ „	6,12	2,00
105 „ „ „	8,96	1,40

Die Seine führt bei Kleinwasser 40—50 cbm in der Sekunde, hat unterhalb Paris 0,5—0,6 m Geschwindigkeit und empfängt zwischen 3 und 4 cbm Schmutzwasser in der Sekunde aus den égouts collecteurs, welche beide unterhalb der Stadt, bezw. bei Clichy und St. Dénis, einmünden. Es bedurfte nach den obigen Zahlen einer Länge des Flußlaufs von fast 100 km (nach Arnould in den Nouveaux Éléments d'hygiène sogar 109 km), um denselben chemischen Zustand des Flußwassers wieder zu erreichen, wie er 30 km oberhalb der Stadt vorhanden war.

Die Themse empfing in der Mitte der 80er Jahre bei Barking (und Crossnes) täglich 675 000 cbm Londoner Abwasser, bei einer Menge des von oben zugeflossenen Kleinwassers von nur 1 380 000—1 900 000 cbm. Das Verdünnungsverhältnis ist daher nur etwa 2,0—2,8, also außergewöhnlich gering. Doch ist zu beachten, daß in der Themse die Meeresflut sich bis etwa 70 km weit oberhalb Barking erkennbar macht. Von den genannten Einlaßstellen der Abwässer aus wurde der Fluß auf einer 25 km langen Strecke, die 10 km oberhalb Barking beginnt, verpestet (s. S. 83). Diese Thatsache macht sich im Sauerstoffanteil des Themsewassers wie folgt bemerkbar. Es betrug der Sauerstoffgehalt in 1 l Wasser durchschnittlich:

48 km oberhalb Barking	6,15 ccm
48—28 km oberhalb Barking	5,35 „
Bei Barking	2,89 „

*) D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. 1876.

Von Barking bis 3,2 km stromabwärts .	2,58 ccm
3,2 km unterhalb Barking	2,09 „
8 „ „ „	1,27 „
23 „ „ „	3,43 „
50 „ „ „	4,77 „

Wesentlich anders das Oderwasser bei Breslau vor Einführung der heutigen Kanalisationsanlage, wo sämtliche Schmutzwässer der damals 250000 Einwohner zählenden Stadt in den Fluß gingen. Obwohl die Geschwindigkeit der Oder bei gewöhnlichem Wasserstande nur 0,6 m ist und ihre Wassermenge in der Sekunde von 230 cbm bis 37 cbm abwärts wechselte, hatte das Oderwasser bereits 32 km unterhalb der Stadt nahezu seine normale Wasserbeschaffenheit wieder erlangt. (Genaueres siehe in Fischer, Das Wasser u. s. w.)

§ 57. Derartige Widersprüche, die auch bei vielen andern Untersuchungen zu Tage kamen, mußten auf die Vermutung von der Beteiligung noch andrer Faktoren an der Selbstreinigung, als bloß des Sauerstoffs des Wassers und der Luft führen. Alexander Müller sprach zuerst den Gedanken aus, daß die Selbstreinigung kein eigentlich chemischer, vielmehr ein biologischer Vorgang sei; die organischen Stoffe würden durch niedere Lebewesen aufgezehrt und nähmen in dem Verdauungsprozesse der letzteren die unschädliche — mineralische — Form an. Diese Erklärungsweise wurde von Hulwa bei Untersuchungen des Oderwassers bestätigt*).

Seitdem gilt es als feststehend, daß, gleichwie die Selbstreinigung des Bodens auch die Selbstreinigung der Gewässer der Thätigkeit von Mikroben zuzuschreiben ist. Der Beweis dafür ist auch experimentell vielfach erbracht worden: in sterilisiertem und danach mit organischen Stoffen verunreinigtem Wasser findet Selbstreinigung nicht statt.

In neuerer Zeit ist eine Erweiterung der früheren Auffassung dahin eingetreten, daß die Selbstreinigung nicht eine ausschließliche Leistung der Mikroben sei, sondern daß es sich bei denselben nur um ein einziges, freilich wichtiges Glied in der Kette der bezüglichen Erscheinungen handelt. Diese sei als ein vegetativer Prozeß mit verschiedenen Stufen zu denken. Zuerst bemächtigen sich die Kleinwesen, Pilze und farblose und chlorophyllführende Algen, der Schmutzstoffe und zerlegen dieselben bei der Verdauung in verschiedene Bestandteile — Eiweiß, Stärkemehl, Fett. Dadurch werden diese Kleinwesen selbst wiederum geeignete Nährmittel für höhere Gattungen niederer Wassertiere, und diese wieder bieten andern größeren Wasserbewohnern das notwendige Ernährungsmaterial. Auch das höher organisierte Pflanzenleben des Flusses sei durch mittelbare und unmittelbare Aufnahme der Stoffe wesentlich an der Selbstreinigung beteiligt.

Danach vermag v. Pettenkofer auf die Anteile, welche Oxydation und Sedimentation an der Selbstreinigung zukommen, weniger Gewicht zu legen, als auf den Anteil, den das gesamte Leben des Flusses (Pflanzen- und Tierwelt) äußert, und er denkt dabei auch weniger an Bakterien, als an eine Anzahl höher organisierter Pflanzen. Von besonderer Wichtigkeit seien darunter diejenigen mit geringer Empfindlichkeit gegen Temperaturen, wie z. B. die üppig gedeihende Euglena viridis. Je mehr Schmutzstoffe — unter Nichtüberschreitung einer gewissen Menge —, um so besser die Wasservegetation und um so energischer die Selbstreinigung.

Die tägliche Wahrnehmung, daß in Gewässern mit üppigem Gedeihen von niederem Pflanzenleben, z. B. auf Geröllen, welche das Bett des Wasserlaufs be-

*) Hulwa, Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorg. 1883, auch Ergänzungshefte z. Zentralbl. f. allgem. Gesundheitspfl. 1884 und König, Verunreinigung der Gewässer (S. 106).

decken, oder am Rande desselben, oder von Pflanzenwuchs höheren Ranges auf Bänken im Gewässer und an den Ufern fast immer klares Wasser angetroffen wird, kann der erweiterten Auffassung von der Art des Selbstreinigungsvorganges als Stütze dienen. Immerhin besteht darüber heute noch keine ausreichend genaue Kenntnis, da man z. B. noch nicht weiß, welche Wirkung die An- oder Abwesenheit auch anorganischer Stoff spielt, welche mit Abwässern aus Fabriken zugeführt werden. Bekannt ist nur, daß mit Fabrikwässern verunreinigte Flüsse sich viel weniger leicht — bezw. gar nicht — reinigen im Vergleich zu Flüssen, die nur gewöhnliche häusliche Abwässer aufnehmen. Es wird z. B. der Anwesenheit der Bikarbonate des Calciums und Magnesiums von Löw, der Anwesenheit von Mangan und Eisenoxyden als Bestandteile des Flußbettes von Kämmerer eine günstige Wirksamkeit auf die Selbstreinigung zugeschrieben; Torfboden soll dagegen eine sehr hemmende Wirkung üben. Bokorny*) hat nachgewiesen, daß außer Pilzen (Algen) auch Phanerogamen und Diatomeen an der Umbildung organischer Stoffe teilnehmen. Aber die Umbildung vielleicht des größeren Teils der organischen Stoffe falle den Bakterien zu, die in großen Mengen nur auf kurzen Flußlängen unterhalb derjenigen Stellen angetroffen würden, wo große Mengen von Schmutzstoffen zugeführt werden; von hier an träten denselben in Chlorophyllalgen, Phanerogamen und Diatomeen Gehilfen am Werk zur Seite. Zu den Existenzbedingungen dieser gehöre aber Lichtzutritt und Abwesenheit, oder doch Anwesenheit nur geringer Mengen, von Kohlensäure.

Nach dieser Auffassung würde die Selbstreinigung in zwei, mehr oder weniger streng geschiedene Stadien zerfallen, wovon das erste das Fäulnisstadium ist. Dieses Stadium dauert so lange, als organische unzersetzte Stoffe vorhanden sind, die von Spalt-, Sproß- und Schimmelpilzen „verarbeitet" werden. Ist diese Leistung vollendet, so erfolgt ein Wechsel in der Welt der Kleinwesen dahin, daß an die Stelle jener — farblosen — Organismen gefärbte — chlorophyllhaltige Algen — treten, die danach das sichere Merkmal der beginnenden Selbstreinigung sein würden.

Es ersieht sich, daß die genaue Kenntnis derartiger und andrer zugehörender Vorgänge von großer Bedeutung für ein etwaiges künstliches Eingreifen in den Selbstreinigungsvorgang zum Zwecke seiner Abkürzung sein könnte, und daß das heutige Wissen zur Sache noch große Lücken enthält.

§ 58. Von dem Zeitpunkte ab, wo die Erforschung der Welt der Kleinwesen den neuerlichen besonderen Aufschwung genommen hat, und wo die Mitwirkung der Kleinwesen an der Selbstreinigung der Gewässer näher erkannt ward, ist an die Stelle der früheren, auf rein chemischer Untersuchung beruhenden Beurteilung mehr und mehr die Beurteilung des Verunreinigungszustandes und der Selbstreinigung der Gewässer auf Grund der biologischen Ermittelung getreten. Man ermittelt die im Wasser enthaltene Anzahl von Keimen, ein Untersuchungsverfahren, das — wie schon auf S. 88 angegeben ward — vor der chemischen Untersuchung auch den Vorzug hat, das Bild ungleich schärfer zu liefern. Ein betreffendes Beispiel, das auch für die Selbstreinigungsfähigkeit gilt, ist bereits auf S. 92 mitgeteilt worden. Hier sollen noch einige weitere folgen**):

*) Chemiker-Zeitg. Bd. 18, auch Hygien. Rundschau 1894.

**) Die Mengen der in Wasser verschiedener Herkunft gewöhnlich (in 1 ccm) anzutreffenden Keime sind nach bisherigen Ermittelungen folgende:

1. in durch sorgfältige Sandfiltration gereinigtem Wasser	100
2. in gegen Infiltrationen geschütztem Quellwasser	0—200
3. in gutem, vor Verunreinigung geschütztem Brunnenwasser . . .	5—150

1. Limmat bei Zürich.

In der Zeit vom Jahresbeginn bis 1. Mai 1889 von Schlatter ausgeführte Untersuchungen*) lieferten folgende Keimzahlen (in 1 ccm):

1. Bei der Oeribrücke	120
2. Beim Wasserwerkssteg	1560
3. Bei der Stadmühle	1730
4. Beim Eintritt des städtischen Hauptsammlers, in drei verschiedenen, neben einander liegenden Wasserstreifen, bezw.	37000, 135400 und 133400
5. Bei der Hardmühle, 0,45 km unterhalb der Stelle zu 4	18660
6. " " Handfähre, 0,75 km " " " " "	12430
7. " " Seidenfabrik, 0,75 km " " " " "	13050
8. " " Honigbrücke, 2,5 km " " " " "	7960
9. " " Engstringer Brücke, 6,5 km " " " " "	6050
10. Beim Kloster Fährli, 7,1 km " " " " "	4470
11. " " Dietikon, 10,5 km " " " " "	3420

In der oberen Strecke, bis etwa Nr. 8 reichend, ist die Limmat seeartig, daher bis hier die Sedimentierung von Bedeutung. Unterhalb Nr. 8 erhöht sich die Flußgeschwindigkeit auf etwa das Dreifache und scheidet hier die Thätigkeit der Sedimentierung aus. In dieser Strecke ist also die Besserung des Zustandes einzig das Ergebnis der Selbstreinigung engeren Sinnes.

2. Isar bei München.

Im Jahre 1887 wurden von Prausnitz folgende Keimzahlen gefunden**):

1. Oberhalb der Stadt 260 Keime.
2. In der Stadt, vor und hinter der Einmündung von Abwasserkanälen: wechselnd, von 400—122000 Keimen.
3. Bei Föhring, 10 km unterhalb der Stadt, 2100 Keime.

Das Isarwasser ist kalt, da seine mittlere Temperatur nur 9° beträgt (Grenzen 2,47° und 14,62°); Stromgeschwindigkeit und Wassermenge des Flusses sind groß:

beim gewöhnlichen Niederwasser, von 38—40 cbm Menge	1,19 m
bei Mittelwasser, von 380—450 cbm	1,45—1,88 "
bei Hochwasser, von 800 cbm	2,10—2,44 "

Aus diesen Verhältnissen erklärt sich eine gewisse Keimarmut des Isarwassers.

3. Rhein bei Köln.

Von Stutzer und Knublauch ausgeführte Untersuchungen***) lieferten folgende Ergebnisse:

1. Das Kölner Kanalwasser verunreinigt am linken Ufer den Fluß so stark, daß die Keimzahl dort in der Strommitte das Zwölffache, am rechten Ufer

4. im Wasser von Landseen	1 500
5. in Wässern von gut, doch nicht vollständig geschützten Quellen, auch in maschinell geförderten Quellwasser	10—3 000
6. in nicht sicher geschütztem Brunnenwasser	10—10 000
7. in den Wassern von Brunnen bei und in der Nähe von Wohnstätten	bis 80 000
8. in nicht verunreinigtem Flußwasser	bis 125 000
9. in stark verunreinigtem Flußwasser	bis 10 000 000.

*) Hygien. Rundschau, 1893.

**) Prausnitz, Der Einfluß der Münchener Kanalisation auf die Isar.

***) Zentralbl. f. allgem. Gesundheitspfl. 1893, auch Hygien. Rundschau. 1894.

das Doppelte (gegen oberhalb) wird. Aber schon wenig unterhalb der Stadt erfolgt gleichmäßige Verteilung über den ganzen Stromquerschnitt.

2. Bis 3 km unterhalb der Stadt nimmt die Keimzahl wieder auf 1/2, und bis 9 km unterhalb auf 1/3 ab.
3. Der 15 km stromab erfolgende Anschluß der Wupper bringt wieder erhöhte Keimzahlen; aber 40 km stromab ist die Keimzahl wieder auf diejenige, welche im Strom oberhalb Köln angetroffen wird, gesunken.

Man kann hieraus schließen, daß ohne den Hinzutritt der Wupper die Selbstreinigung nach etwa 28 km Lauf des Flusses beschafft sein würde, und beim Wegfall des Schiffsverkehrs in noch kürzerer Strecke.

4. Elbe in Sachsen.

Bei Schandau, 65 km oberhalb Dresden, ist die Keimzahl 38000, bei Pirna, 20 km stromab, 26000, bei Dresden 20000, daselbst unterhalb der Einmündung des letzten Sammelkanals 38000 und bei Niederwartha, 15 km unterhalb Dresden, 10000. Die selbstreinigende Kraft der Elbe, welche die gesamten Dresdener Abwässer aufnimmt, dazu große Abwassermengen von den dicht besiedelten Ufern und die außerdem einen sehr regen Schiffsverkehr besitzt, ist eine sehr große, wie noch mehr erhellt, wenn angeführt wird, daß die Kleinstwassermenge des Sommers nur 52 cbm und die Stromgeschwindigkeit nur etwa 1 m beträgt.

5. Donau und Donaukanal bei Wien.

Untersuchungen von Heider*) haben folgende Ergebnisse geliefert:

Der Donaukanal (ein Arm der Donau) empfängt aus 120 Kanälen die sämtlichen Schmutzwasser der Stadt; er führt etwa 200 cbm Wasser gegen 1400 cbm des Hauptstroms. Die Stromgeschwindigkeit wechselt zwischen 1 und 2 m, liegt aber dem oberen Werte näher als dem unteren. Die Abwässer der Stadt sind (bei geringem Wasserverbrauch) von einer außergewöhnlichen Konzentration.

Die Keimzahl ist oberhalb Wien etwa 2000, am unteren Ende des Donaukanals aber 21000—1200000; 4 km nach Anschluß des letzten Schmutzwasserkanals ist noch keine gleichförmige Verteilung der Keimzahl auf den ganzen Querschnitt des Stromes erfolgt, vielmehr die Keimzahl am rechten Ufer noch größer als am linken.

Bei Hainburg, 40 km unterhalb Wien, und fast ebenso weit unterhalb des Wiederzusammentritts von Donaukanal und Donau, hätten nach den Wassermengen rechnungsmäßig 9100 Keime angetroffen werden müssen, wogegen nur 6200 gezählt wurden; der Unterschied von etwa 3000 Keimen stellt die selbstreinigende Kraft des Flusses dar. Letztere würde aber beim Wegfall des Schiffsverkehrs (der freilich nicht sehr bedeutend ist) sich stärker geltend machen.

§ 59. Zum Schluß werden noch einige Beispiele zur Selbstreinigung der Flüsse mitgeteilt, in welchen die Selbstreinigung auf den chemischen Befund des Wassers bezogen ist. Ein paar der Beispiele gelten für dieselben Flüsse, für welche weiter oben die Selbstreinigung an den Keimzahlen nachgewiesen ist. Verunreinigungen der Flüsse mit Fabrikwassern werden durch die chemische Analyse am genauesten erkannt, Verunreinigungen mit häuslichen Abwassern sicherer durch die bakteriologische Untersuchung. Bei Verunreinigungen nur mit Fabrikwassern

*) Oesterreich. Sanitätswesen 1893; auch Hygien. Rundschau 1894.

liefert die chemische Untersuchung den einzig brauchbaren Massstab, während bei Verunreinigungsn mit häuslichen Abwessern beide Untersuchungsmethoden gut anwendbar sein können. In Fällen wo zu den Verunreinigungen auch Fabrikwasser in einiger Menge beigetragen haben, wird es daher nötig sein, sowohl die chemische als die bakteriologische Untersuchung des betreffenden Wassers auszuführen.

6. Oder bei Breslau. (Ergebnisse von 1877—81.)

	Gesamt-rückstand	Glühverlust	Organ. Substanz	Sauerstoff-verbrauch zur Oxydation	Freies Ammoniak	Albuminoid-Ammoniak	Salpetrige Säure	Chlor
	Milligramm für 1 l = Gramm für 1 cbm							
1. Oberhalb der Kanaleinlässe für die Abwässer	172,3	39,0	87,3	4,4	0,20	0,24	0,72	8,0
2. Dicht unterhalb des letzten Einlasses	532,8	179,2	491,3	24,9	10,34	2,98	0,85	29,8
3. Stromabwärts bis zu einer Strecke, wo völlige Mischung eingetreten .	185,6	42,8	114,5	5,8	1,12	0,42	0,98	11,0
4. 8 km unterhalb des letzten Einlasses	179,0	43,3	85,9	4,4	0,48	0,33	0,87	10,4

Danach hat das Wasser unterhalb der Stadt schon nach 8 km Lauf seine ursprüngliche Beschaffenheit fast ganz wieder erlangt (vergl. S. 103).

7. Spree bei Berlin. (Ergebnisse von 1886—87.)

Stationen	Entfernung vom Anfangspunkt	Gesamt-rückstand	Kalk	Verbrauch von $KMnO_4$	Ammoniak	Chlor
	km	Milligramm in 1 l				
1. Oberbaumbrücke am Ostende der Stadt	0,0	189,0	63,1	19,7	0,42	22,5
2. Jannowitzbrücke	2,3	190,2	63,3	19,8	0,31	22,0
3. Friedrichsbrücke	4,3	184,0	61,3	19,9	0,28	22,6
4. Ebertsbrücke	4,9	187,0	63,7	19,9	0,37	22,4
5. Marschallsbrücke	5,9	180,1	63,3	19,9	0,36	22,7
6. Moltkebrücke	6,7	189,0	59,9	20,7	0,40	22,0
7. Moabiter Brücke	8,5	196,0	62,7	21,4	0,37	22,1
8. Schleuse bei Ruhleben . . .	20,0	203,0	64,1	23,0	0,85	25,4
9. Spandau, beim Zusammentritt mit der Havel	22,0	198,0	65,1	21,5	0,97	24,8
10. Pichelsdorf	33,0	197,0	59,0	21,4	0,83	24,2
11. Gatow	36,0	203,0	64,3	20,4	0,69	24,7
12. Cladow	38,0	198,3	62,5	20,6	0,62	24,2
13. Sacrow	45,0	194,0	62,2	19,6	0,41	23,9

Ein Vergleich dieser Tabelle mit der auf S. 92 gegebenen der Keimzahlen läßt zwar einen allgemeinen Parallelismus zwischen den Angaben der beiden Tabellen erkennen; doch bleibt das Bild, welches der chemische Befund gewährt, an Schärfe gegen denjenigen sehr weit zurück, welches der Keimbefund geliefert hat.

8. Nebel und Warnow bei Güstrow und Rostock.

Stationen	Entfernung vom Anfangspunkt km	Suspendierte Stoffe	Gesamtrückstand	Glühverlust	Sauerstoffverbrauch	Chlor	Schwefelsäure	Kalk	Magnesia	Keimzahl in 1 ccm
		Milligramm in 1 l								
1. Nebel, oberhalb der Güstrower Wasserwerke	0,0	—	29,60	8,10	0,63	3,80	—	7,00	—	1370
2. Nebel, in Güstrow, 20 m vor Eintritt in den Stadtteich	1,05	—	28,40	9,40	0,63	3,80	—	5,50	—	3190
3. Nebel, in Güstrow, 30 m unterhalb d. Eintritts i. d. Stadtteich rechtes Ufer	1,09	—	29,05	8,30	0,61	3,60	—	5,125	—	26570
linkes Ufer	1,09	—	32,35	10,60	0,65	4,70	—	5,875	—	98650
4. Abwasser von Güstrow	—	380	140,3	61,3	24,25	34,00	—	7,00	—	unzählbar
5. Nebel, in Güstrow, 100 m oberhalb des Schlachthofs	1,60	—	30,80	9,05	0,58	4,40	—	8,125	—	38820
6. Nebel, in Güstrow 100 m oberhalb der Zuckerfabrik	2,50	—	31,95	10,45	0,55	4,80	—	8,125	—	32450
7. Nebel, etwa 100 m unterhalb des Abflusses vom Rieselfeld	3,30	—	32,15	9,55	8,47	5,10	—	15,50	2,00	518600
8. Nebel in Bützow, 100 m oberh. d. Vereinigung mit d. Warnow	9,2	—	37,25	16,95	0,65	4,60	—	7,375	—	13030
9. Warnow in Bützow, 100 m oberhalb d. Vereinigung m. d. Nebel	9,2	—	30,75	11,00	0,54	3,00	—	6,25	—	1340
10. Warnow, 100 m abwärts nach d. Vereinigung mit d. Nebel	9,4	—	34,25	20,15	0,58	3,30	—	6,25	—	6660
11. Warnow, im Dorfe Schwaan	26,0	—	34,75	16,10	0,62	3,80	—	7,00	—	526
12. Warnow, zu Rostock	44,5	—	36,95	15,95	0,63	3,90	—	5,88	—	240
13. Unter-Warnow, 2 km unterhalb Rostock rechtes Ufer	51,5	—	498,40	69,00	0,66	241,0	25,90	14,00	6,70	14950
linkes Ufer	51,5	—	510,50	66,00	0,68	252,5	28,10	14,00	8,65	26260
Unter-Warnow, 6,5 km unterhalb Rostock Strommitte	56,0	—	547,20	63,00	0,66	280,0	30,05	11,00	11,15	18890

9. Elbe.

Stationen	Suspendierte Stoffe	Verdampfungsrückstand	Glühverlust	Organische Substanz	Sauerstoffverbrauch zur Oxydation	Ammoniak	Salpetersäure	Chlor	Schwefelsäure	Kalk	Magnesia
	Milligramm in 1 l										
1. Zwischen der böhmischen Grenze und Krippenbach	—	118,4	—	99,4	—	0,13	2,7	5,9	—	—	—
2. Unterhalb Schandau	—	112,1	—	83,2	—	0,12	2,7	5,8	—	—	—
3. Unterhalb Pirna	—	117,1	—	85,6	—	0,12	2,7	5,8	—	—	—
4. Unterhalb Pillnitz	—	116,9	—	82,0	—	0,11	3,4	5,8	—	—	—

Stationen	Suspendierte Stoffe	Verdampfungsrückstand	Glühverlust	Organische Substanz	Sauerstoffverbrauch zur Oxydation	Ammoniak	Salpetersäure	Chlor	Schwefelsäure	Kalk	Magnesia
	Milligramm in 1 l										
5. Am Dresdener Wasserwerk .	—	116,4	—	86,6	—	0,12	2,7	5,7	—	—	—
6. Dresden, oberhalb bei der Marienbrücke	—	119,7	—	85,0	—	0,26	3,0	5,8	—	—	—
7. Uebigau, 100 m unterhalb des letzt. Schmutzwassereinflusses	—	128,1	—	88,6	—	0,17	3,4	5,8	—	—	—
8. Bei Niederwartha, 15 km stromab von Dresden . . .	—	114,4	—	82,6	—	0,14	3,6	6,0	—	—	—
9. 1 km oberhalb der Saale-Einmündung (km 0,0)											
linkes Ufer	16	135	42	—	5,1	—	—	12	52	15	—
rechtes Ufer	10	182	42	—	5,4	—	—	12	56	15	—
10. Oberhalb Barby (km 4,0)											
linkes Ufer	16	540	122	—	4,7	—	—	192	133	61	32
Strommitte	20	207	67	—	5,4	—	—	50	64	23	—
rechtes Ufer	9	137	50	—	5,6	—	—	14	52	15	—
11. Unterhalb Frohse											
linkes Ufer	12	425	155	—	5,2	—	—	126	76	38	22
Strommitte	12	287	92	—	5,0	—	—	88	60	31	15
rechtes Ufer	13	262	140	—	5,6	—	—	40	52	15	—
12. Bei Buckau, am Magdeburger Wasserwerk (km 35)											
linkes Ufer	9	392	102	—	5,0	—	—	122	76	46	16
Strommitte	11	405	130	—	5,2	—	—	122	68	31	20
rechtes Ufer	13	355	215	—	5,2	—	—	88	64	31	—
13. Bei Buckau, am Magdeburger Wasserwerk, bei besonders niedrigen bezw. hohen Wasserständen	—	3279	—	—	—	—	—	1640 4118 1069 625 188	— — — — —	185 99 131 95 50	73,5 31,7 46,8 36 29,2
14. Bei Hamburg	—	242	64	—	3,7	—	—	32	40,8	56,5	Spur

Die Analysen zu 1—8 sind im April 1891 ausgeführt; diejenigen zu 9—12 entstammen dem Anfang der 90er Jahre, die Analysen zu 13 den Jahren 1893 und 1894. Die Analyse zu 14 gehört dem Jahre 1890 an. Danach erscheint wenigstens eine annähernde Vergleichbarkeit zulässig.

Bei den Analysen zu 9—13 ist, abgesehen von der Höhe der den chemischen Betrieben an der Saale entstammenden Verunreinigungen, die mangelhafte, noch nicht einmal nach dem langen Laufe von 34 km erreichte vollständige Verteilung der Verunreinigungen auf den ganzen Wasserquerschnitt auffallend; sie erklärt sich aber zum Teil aus der großen Breite, bei geringer Tiefe und nur mittlerer Geschwindigkeit des Elbstromes.

Wegen der Keimzahlen in der Strecke oberhalb und bei Dresden sind die Angaben auf S. 106 zu vergleichen. Mit den in den Analysen zu 9—12 angegebenen chemischen Befunden korrespondieren Keimzahlen, die in den Grenzen von 450 und 3500 wechseln. Bei den durch chemische, an Bergbau anschließende Fabrikbetriebe entstehenden Flußverunreinigungen giebt daher der chemische Befund des Flußwassers das schärfere Bild.

10. Isar bei München.

Stationen	Organische Substanz	Verbrauch von $KMnO_4$	Chlor	Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpetersäure	Verdampfungsrückstand	Kohlensaurer Kalk	Keimzahl in 1 ccm
	Milligramm in 1 l								
Oberhalb München									
nach Trockenheit . . .	19,4	—	1,4	—	—	0,5	219,5	80,9	—
bei Hochwasser	26,5	—	1,1	—	—	0,1	210,3	69,6	—
Durchschnittszahlen . .	22,76	4,55	3,77	—	—	—	211,0	—	366
Bogenhauser Brücke (km 1)									
nach Trockenheit . . .	23,9	4,78	2,8	0	0	—	242,0	—	12610
nach Regenfall	93,05	18,41	1,63	0	—	0,48	195,2	—	2356
Nach Einmündung des Eisbaches (km 3,3)									
nach Trockenheit . . .	33,05	6,61	3,7	0	0	—	246,8	—	27870
nach Regenfall	47,53	9,51	1,63	0	0	0,60	199,6	—	2001
Oberföhring (km 4,4)									
nach Trockenheit . . .	31,25	6,25	3,9	0	0	—	240,0	—	27730
nach Regenfall	46,85	9,37	1,63	0	0	0,60	199,2	—	1433
Unterföhring (km 7 u. 8) . . .									
nach Trockenheit . . .	24,80	1,96	3,6	0	Spur	—	245,6	—	20600
nach Regenfall	46,19	9,24	1,63	0	0	0,56	208,0	—	3368
Ziegelstadl (km 10)									
nach Trockenheit . . .	22,45	4,49	3,6	0	0	—	237,6	—	12160
nach Regenfall	50,35	10,07	1,63	0	0	0,60	192,0	—	2430
Ismanning (km 13)									
nach Trockenheit . . .	26,65	5,33	3,0	0	Spur	—	240,8	—	19050
Freising (km 33)									
nach Trockenheit . . .	26,10	5,42	4,5	0	Spur	—	262,8	—	6891

Die hier aus Prausnitz: Der Einfluß der Münchener Kanalisation auf die Isar, München 1890, mitgeteilten Zahlen entstammen dem Ende der 80er Jahre. Die Zahlen weisen die Besonderheit auf, daß bei Anschwellungen des Flusses der Stickstoff eine starke Vermehrung erfährt, bei gleichzeitiger Abnahme der gelösten Stoffe (Gesamtrückstand). Die Besonderheiten der Isar, welche die Selbstreinigung derselben sehr begünstigen, sind bereits auf S. 105 kurz angeführt.

Nach allem, was vorstehend mitgeteilt ist, handelt es sich bei der Selbstreinigung der Gewässer um einen sehr verwickelt liegenden Vorgang und zeigt fast jeder Fluß hierbei Besonderheiten.

Beim Rhein vollzieht sich die Selbstreinigung auf nur 20 km langem Lauf (bei Köln sowohl als bei Bonn). Dieselbe Flußlänge reicht für die Elbe bei Hamburg aus, da nur etwa 20 km unterhalb des Hamburger großen Schmutzwasserauslasses Altona sein Trinkwasser dem Flusse entnehmen kann. Zur Selbstreinigung der Isar bei München und der Oder bei Breslau genügen etwa 30 km Flußlauf.

An der Lahn bei Marburg findet schon bei 7 km Flußlauf eine Verminderung der Keimzahl von 10430 auf 4220 statt, obwohl die sekundliche Wassermenge des Flusses nur 4 cbm ist. Es hat dementsprechend den Städten Marburg und Wetzlar die Erlaubnis erteilt werden können, ihre Abwässer nach zuvoriger Sedimentation der gröberen Stoffe dem Flusse zu übergeben, und ähnlich für mehrere

Städte an Rhein und Nahe (Koblenz, Neuwied, Kreuznach). Wegen Marburg vergl. Hygien. Rundschau 1894.

Der Mississippi bei St. Louis ist nach 19 km Lauf wieder rein, beim Verhältnis der Abwassermenge zur Flußwassermenge = 1 : 800 und 1,33 m sekundlicher Flußgeschwindigkeit. Dagegen wird am Merrimack bei Lowell nach 19 km Lauf und beim Verhältnis der Abwassermenge zur Flußwassermenge = 1 : 300 nach 19 km langem Lauf noch die Hauptmasse der Schmutzstoffe im Flußwasser angetroffen. Die Flußgeschwindigkeit ist groß, aber auch die Wassermenge des Flusses, da sie 700 cbm sekundlich beträgt. Chicago übergiebt seine Schmutzwasser einem kleinen Flußlauf, der dieselben nur auf ¼ verdünnt. Noch 54 km unterhalb der Stadt ist der Zustand des Flusses unleidlich, und bei Frostwetter wird sogar nach 250 km Flußlauf noch die Hauptmasse (?) der Schmutzstoffe im Flußwasser angetroffen.

Außer den im vorstehenden angezogenen Schriften sind zum Kapitel der Flußverunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse u. a. noch folgende Schriften zu nennen:

König, Die Verunreinigung der Gewässer; Berlin 1887.

Derselbe, Die Prinzipien und die Grenzen der Reinigung von fauligen und fäulnisfähigen Schmutzwassern; Berlin 1885.

Fleck, Ueber Flußverunreinigung, deren Ursachen, Nachweis und Verhinderung; Dresden 1884.

Gerson, Die Verunreinigung der Wasserläufe durch die Abflußwässer aus Städten und Fabriken; Berlin 1888.

Die Einleitung der Fäkalien Münchens in die Isar; Protokoll u. s. w.; München 1892.

v. Pettenkofer, Die Verunreinigung der Isar durch das Schwemmsystem von München; München 1890.

Derselbe, Zur Schwemmkanalisation von München. München 1891.

Schuster, Ueber die Abschwemmung der Fäkalien in München; München 1891.

Jurisch, Die Verunreinigung der Gewässer; Berlin 1890.

Röchling, Rivers Pollution and Rivers Purification.

Waring, Modern Methods of Sewage Disposal; New York 1894.

V. Abschnitt.

Luft, Luftreinigung und Luftbewegung.

1. Kapitel.

Luftbeschaffenheit.

§ 60. Eine erwachsene Person nimmt mit jedem Atemzuge 0,4—0,5 Liter Luft in die Lunge auf, daher bei 16 bis 18 Atemzügen in 1 Minute stündlich bis 0,5 Kubikmeter und in 24 Stunden 10—12 Kubikmeter Luft. 400—600 Liter O (ein Gewicht von 600—900 Gramm) gehen in das Blut über, während andrerseits 400—500 Liter CO_2 (ein Gewicht von 800 bis 1000 Gramm) durch die Atmung ausgestoßen werden.

Bei der Größe des täglichen Luft- und Sauerstoffbedarfs sowohl, als bei den vielseitigen Wirkungen, welche die Luft auf das körperliche Befinden übt, ist Reinheit der Atmungsluft, d. h. normaler Gehalt von O und möglichste Abwesenheit von fremden Stoffen in derselben eine Hauptforderung der Gesundheitspflege. In andrer Weise kommt die Luftreinheit in Betracht, indem durch dieselbe die Erreger verschiedener Infektionskrankheiten — worunter dem Bazillus der Tuberkulose besondere Bedeutung zukommt — mittelbar verbreitet werden können; es handelt sich daneben um die Erreger der sogen. exanthematischen Infektionskrankheiten, wozu Rötheln, Masern, Scharlach, Keuchhusten, Pocken, Diphtheritis u. s. w. gehören. Endlich spielen chemische und physikalische Beschaffenheit der Luft für die hier vorliegenden Zwecke insofern eine Rolle, als durch sie die Bewegung der Luft, d. h. der Luftwechsel in abgeschlossenen Räumen (unterirdischen Kanälen) beeinflußt wird und als die im Betriebe u. s. w. von Städtereinigungsanlagen (Kanälen, Gruben u. s. w.) beschäftigten Arbeiter nicht davor gesichert sind, in Berührung mit verdorbener Luft zu kommen, die für Gesundheit und Leben derselben ernstliche Gefahren mit sich bringen kann.

§ 61. Die reine atmosphärische Luft ist ein Gemisch von Sauerstoff und Stickstoff mit nur geringem Wechseln der beiden Bestandteile nach der Oertlichkeit. Der O-Anteil bewegt sich zwischen den Grenzen 20,72 und 21,00 % (Volumprozente), der N-Anteil zwischen den Grenzen 78,16 und 79,00 %. Gesundheitlich kommt nur dem Sauerstoff Bedeutung zu; der Stickstoff dient nur als Träger des Sauerstoffs. Was örtliche Schwankungen des O-Gehalts betrifft, so enthält die Luft:

über Meeren	21,00 O
im Gebirge	20,98 „
im Freien	20,96 „
im Walde	20,90 „
in Städten	20,86 „

Der Sauerstoff wird bei elektrischen Entladungen zum Teil in die besondere Form des Ozons übergeführt. Eng gebunden an den Stickstoff hat man in letzterem neuerdings einen bisher unbekannten Stoff in minimalen Mengen, das Argon, aufgefunden.

Wesentlich geringere Anteile von O werden in geschlossenen Räumen da angetroffen, wo besondere chemische Prozesse Sauerstoff absorbieren, z. B. auch da, wo Zersetzungsprozesse vor sich gehen (vergl. das S. 51 mitgeteilte Beispiel), in stark verdünnter Luft u. s. w. Die vom Menschen ausgeatmete Luft ist um 20 bis 25 % ärmer an Sauerstoff als die eingeatmete Luft und enthält dem entsprechend nur noch 15,5 bis 16 Teile O, 75,5 bis 76 Teile N und 4,3 bis 4,5 Teile CO_2.

Der regelmäßige Gang und die Größe des Stoffwechsels im Körper (die Bluterneuerung) bedingen die Aufnahme einer gewissen Sauerstoffmenge innerhalb einer gewissen Zeit, wenn der Stoffwechsel normal sein soll. Wird jene Sauerstoffmenge in der normalen Zahl der Atemzüge nicht aufgenommen, oder ist die in ausreichender Menge eingeatmete Luft sauerstoffarm, so kann der Körper das selbstthätig durch eine Vermehrung der Atemzüge ausgleichen, doch nur bis zu einem gewissen Grade. Beim Absinken des O-Gehalts bis auf etwa 10 Teile wird die Atmung schon sehr beschwerlich und beim weiteren Absinken bis auf etwa 6 Teile besteht unmittelbare Lebensgefahr.

Da die Flamme gegen Sauerstoffmangel empfindlicher als der menschliche Körper ist, bieten Abschwächung oder Verlöschen derselben sehr sichere Anzeichen für Unbekömmlichkeit oder Lebensgefahr an Stellen, wo Sauerstoffarmut der Luft besteht, wie z. B. in Gruben aller Art.

Gewöhnlich geht mit der Sauerstoffabnahme eine Kohlensäurezunahme in der Luft parallel.

§ 62. Immer enthält die freie Atmosphäre, und noch mehr die Luft geschlossener Räume, eine Reihe von Fremdstoffen, die man nach ihrer Herkunft in anorganische und organische sondern kann. Regelmäßige und stets in einiger Menge vorhandene Begleiter der Luft sind Wasserdampf und Kohlensäure. In untergeordneten Mengen finden sich Ammoniak, schweflige Säure, salpetrige Säure und Salpetersäure, Chlorwasserstoff, Kohlenwasserstoff, Kohlenoxyd; vorübergehend kann die Luft Ozon, Wasserstoffsuperoxyd und Schwefelwasserstoff enthalten. Mechanisch beigemengt — wie der Wasserdampf — enthält die Luft Staub und Mikroben.

§ 63. Indem selbst sehr dichte Körper — wie z. B. Blei — verstauben, ist der Luftstaub ein Gemisch aus Bestandteilen der allerverschiedensten Herkunft. Die größten Staubmengen werden auf den Straßen, und in der dem gewöhnlichen Verkehr dienenden Umgebung der Häuser erzeugt, und dort entweder unmittelbar eingeatmet oder in die Wohnungen verbreitet. Staub ist ein Gemisch von mineralischen und organischen Stoffen: Sand, Kalk, Thonerde, Eisen, Kohle, Asche, Dünger, Insektenresten, Pflanzenfasern, Hautschuppen, Haaren, Pollen, Flechten, Algen, Schimmelpilzen u. s. w.

Die Staubmengen, welche die Luft im Freien regelmäßig enthält, schwanken mit der Jahreszeit. Sie erreichen im Sommer den Größtwert und sind auch im

Herbst und Frühling größer als im Winter. Immer aber handelt es sich nur um sehr kleine Mengen. v. Fodor ermittelte dieselben zu bezw. 0,24, 0,35, 0,42 und 0,55 Milligramm in 1 Kubikmeter Luft; die kleinste Menge ist diejenige, welche nach einem Regenfall angetroffen wird, während in derselben Oertlichkeit in trockener Zeit 3,0 bis 4,5 Milligramm gefunden werden. In der Luft des Marsfeldes in Paris fand Arnould 6 Milligramm Staub in 1 Kubikmeter; doch sind anderweit auch 23 Milligramm angetroffen worden.

Je nach der Oertlichkeit besteht der Staub im Mittel zu 30 bis 60 % aus organischen und 40 bis 70 % mineralischen Stoffen. In der Luft geschlossener Räume, namentlich in sogen. Massenlokalen (auch Schulen) werden erheblich größere Staubmengen als in der freien Luft angetroffen, besonders da, wo nicht nasse Reinigung der Fußböden stattfindet. Hesse ermittelte in einem Wohnzimmer 1,6 Milligramm, in dem Putzraum einer Eisengießerei 26 und in einer Mahlmühle 140 Milligramm Staub in 1 Kubikmeter Luft.

Der in die Atmungswerkzeuge gelangende Staub erzeugt allgemein Hustenreiz, katarrhalische Affektionen, Entzündungen, in größeren Mengen hineingelangend, eine als Lungenverstaubung (Staublunge) bezeichnete Krankheitsform, welche nach den Bestandteilen des Staubes als „schwarze Lunge" (bei dauernder Einwirkung von Kohlenstaub), als „Kiesellunge" (bei Einatmung von Kieselstaub und Staub, der von andern Gesteinen herrührt) und als „Eisenlunge" bezeichnet wird, wenn der Staub Eisen ist. Scharfe eckige Form der Staubkörner verschlimmert die Affektionen. Größere Einlagerungen heben die Elasticität der Lunge an diesen Stellen auf, bringen Verhärtungen in derselben hervor und Erweiterungen der Lungenbläschen im übrigen Teil (Emphysema). Ob durch Staubeinatmung allein auch Lungentuberkulose erzeugt werden kann, ist eine gegenwärtig noch bestrittene Frage. Weiteres über die besonderen Schädlichkeiten bestimmter Staubarten ist unter anderem in Albrecht, Handbuch der praktischen Gewerbehygiene, Berlin 1896, nachzulesen.

Neben der oben geschilderten Bedeutung des Staubes, der mit Bezug auf das Straßenreinigungswesen Interesse bietet, laufen mehrere andre her. Die Staubteilchen der Luft spielen eine wichtige Rolle bei der Bildung von Nebel, indem an ihrer Oberfläche der Wasserdampf der Luft niedergeschlagen wird; sie sind also auch in indirekter Weise der allgemeinen Reinlichkeit abträglich.

§ 64. Weiter dient der Luftstaub zum Anhängen von Mikroben, die mit demselben in die Luft aufgenommen, in ihr verbreitet werden, und mit dem Staub auch bald wieder zu Boden sinken. Ueber großen Wasserflächen ist die Luft mikrobenfrei und arm an Mikroben auch in Oertlichkeiten mit hohem Feuchtigkeitsgehalt der Luft; die größere Menge derselben wird in bewegter Luft angetroffen. Aber die Luft — einerlei ob es sich um die freie Atmosphäre, oder um die Luft in geschlossenen Räumen handelt — ist für das Mikrobenleben allgemein ungünstig und was sich darin findet, gehört im ganzen der Klasse der Saprophyten an; pathogene Bakterien sind in der Luft bisher nur ausnahmsweise angetroffen, und wenn dies der Fall auch nur in geschlossenen Räumen.

Zeitlich und örtlich zeigen sich Wechsel. Die größten Mikrobenmengen finden sich im Sommer, die geringsten im Winter. Mäßige Wärme und einige Feuchtigkeit bringen Vermehrungen mit sich, Hitze und Regenfälle starke Abminderungen.

Auf hohen Bergen sind in 1 Kubikmeter Luft 1 bis 3, in der Straßenluft von Paris (Rue Rivoli) 3500 Keime gefunden, dagegen in der Luft neuer Pariser Häuser 4500 und in derjenigen alter Häuser 36000. Im Hospital de la pitié wurden 79000 ermittelt, dagegen — und dies ist eine höchst bemerkenswerte Thatsache —

in der Luft von Pariser Kanälen nur 800 und 6000. Auch die Luft der Berliner Kanäle hat sich sehr viel bakterienärmer als die Luft der Straßen über denselben erwiesen. In Londoner Kanälen sind 1000 bis 1300 und in den Kanälen von Dundee 2000 bis 5000 Keime ermittelt worden, in der Luft von häuslichen Schmutzwasserableitungen (von Uffelmann) 500 Keime. Ueberhaupt sind gewöhnlich viel geringere Keimmengen in der Kanalluft gefunden worden, als diejenigen, welche man für Wohnräume feststellen konnte. Aber ebenso bemerkenswert wie die Geringfügigkeit der Menge ist die Thatsache, daß die Mikroben in der Kanalluft im allgemeinen mit derjenigen der Straßenluft übereinstimmten; jedenfalls ist es bisher nicht gelungen, in der Luft von Kanälen pathogene Bakterien aufzufinden.

Noch einige weitere Keimzahlen, welche man für 1 Kubikmeter Luft in geschlossenen Räumen ermittelt hat, mögen hinzugefügt werden:

In Spitalräumen zu Lyon fand man im Hofe 1084, im Laboratorium 3846, in Krankensälen, wechselnd, zwischen 5000 und 15 000, in Operationssälen 500 bis 832 Keime. In einem Operationssaal zu Rostock wurden aber 3000 bis 4000 Keime gezählt. Petri fand in der Umgebung eines Berliner Hauses bezw. in dem Innern desselben: in der Straßenluft vor dem Hause 710 bis 800, in der Hofluft hinter dem Hause 32 000, in der Luft über Dach 330 bis 510 und in der Luft eines Arbeitssaals am Fußboden, am Fenster und nahe unter Decke 600 bezw. 763 und 30 Keime. Neben den angegebenen Keimzahlen von Spaltpilzen wurden in der Umgebung des Hauses — besonders in der Hofluft — auch Schimmelpilze in einigen Mengen angetroffen.

Aber nicht nur, daß die Keimzahlen für Innenräume sich überall höher herausgestellt haben als für Kanalluft, sondern es ist auch in der Luft von Räumen, die zum menschlichen Aufenthalt dienten, einigemal die Anwesenheit pathogener Arten von Spaltpilzen festgestellt worden. In der Luft von Krankenräumen hat man die Erreger von Eiterung und der Wundrose, anderswo auch den Pneumonie- und den Tuberkelbazillus gefunden, ob auch die Protozoen der Malaria, scheint noch nicht sicher erwiesen zu sein*).

Zweifellos ist es, daß mit Staub auch noch andre als die hier genannten Mikrobenarten in die Luft verbreitet und mit ihr zu „infektionstüchtigen" Stellen geführt werden können, z. B. auf die Haut, in die Luftwege und in den Verdauungsgang des Menschen. Es liegen z. B. einige erwiesene Fälle der Verbreitung von Typhus durch Luft vor, obwohl bisher der Typhusbazillus noch nicht in der Luft gefunden worden ist. Hierin ist aber, wegen der noch bestehenden Unvollkommenheit der Luftuntersuchung auf Mikroben, ein Beweis gegen die Existenzmöglichkeit des Typhusbazillus in Luft nicht zu sehen. Immer wird man nur an ein gelegentliches und vorübergehendes Vorkommen denken dürfen, da nach allen bisherigen Beobachtungen eine Vermehrung pathogener Keime in der Luft als ausgeschlossen anzusehen ist.

Denn die Mikroben der Luft sind in derselben nicht heimisch, sondern andern Ursprungs; im allgemeinen sind sie an der Bodenoberfläche und in Abfallstoffen zu Hause, desgleichen in Wasser. Aus Wasser giebt es nur einen einzigen Weg, auf dem sie in die Luft übergehen können: die Verspritzung, welche durch Hantierungen im Wasser oder bei heftigen Bewegungen des Wassers, beim Platzen von

*) Eine sehr ausführliche Behandlung des Kapitels über Mikroben der Luft giebt Arnould in den Nouveaux Eléments d'hygiène. Mit Bezug auf die in Kanalluft enthaltenen Mikrobenarten kann auf die D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege, Bd. 27 u. 28 (1895 und 1896) verwiesen werden.

Gasblasen stattfinden kann. — Insbesondere durch Versuche von v. Nägeli ist es sicher erwiesen, daß durch Verdunstung ein solcher Uebergang unmöglich ist. Auch mit Bezug auf Mikroben, die in feuchte Massen irgend welcher Art eingeschlossen sind, ist an eine Verbreitung in die Luft durch Verdunstung nicht zu denken.

Aus nur halb feuchten Massen können Mikroben durch Luftströmungen gelöst und mitgeführt werden; es sind dazu aber Luftgeschwindigkeiten von mehreren Metern erforderlich, wie u. a. durch Versuche im Hygienischen Institut zu Berlin erwiesen worden ist. Es bedarf sogar ziemlich lebhafter Luftströmungen, um in die Luft bereits übergegangene Mikroben auf einige Entfernungen mitzuführen. Aus einem Luftstrom von 0,5 Meter Geschwindigkeit verschwanden die Keime schon nach einer Wegeslänge von 7 Meter; ein heftiger Wind führte sie 46 Meter weit mit sich.

§ 65. Den vorstehend mitgeteilten Befunden und Beobachtungen über Staub und Mikroben in der Luft kommt besondere Bedeutung mit Bezug auf die Art und Weise der Reinigung des Hauses und seiner Umgebung, auch der Straßenreinigung und der Beseitigungsweise von Straßen- und Hauskehricht zu; für die betreffenden Vorrichtungen u. s. w. begründet sich daraus die Notwendigkeit möglichster „Staubfreiheit“. Anderweite Folgerungen ergeben sich daraus in Hinsicht auf die sogen. Kanalgastheorie; auf diese Folgerungen wird erst weiterhin einzugehen sein.

§ 66. Salpetersäure kommt in der freien Luft nur in so geringen Mengen vor, daß sie gesundheitlich ohne Bedeutung ist. Sie kann aber, außer durch Umbildung des Stickstoffs der Luft, auch aus Ammoniak entstehen und daher ihren Ursprung der Anwesenheit von Abfallstoffen verdanken. Aber selbst in der durch Abfallstoffe verunreinigten Luft sind die Mengen von HNO_5 immer nur minimal. (Einige Zahlenangaben in Arnould, Eléments).

§ 67. Kohlenoxyd (CO), in der freien Luft als Produkt unvollständiger Verbrennung vorkommend, macht einen erheblichen Bestandteil des Leuchtgases aus (4 bis 14 %) und kann aus undichten Gasröhren, die im Boden selbst in einiger Entfernung von Kanälen liegen, Zutritt zu letzteren gewinnen, auch aus Röhren, welche in Kanälen untergebracht sind, unmittelbar an die Kanalluft übergehen. CO ist eines der gefährlichsten, plötzlich wirkenden Gifte; es entzieht den roten Blutkügelchen den Sauerstoff mit Heftigkeit und bringt so Erstickung hervor. Die tödliche Menge soll bei etwa 1 Raumteil pro Tausend liegen. Die Unterbringung von Gasröhren in Kanälen, welche vereinzelt vorkommt, setzt schon hiernach die Anwendung besonderer Vorsichtsmaßregeln voraus. Solche sind auch aus dem andern Grunde geboten, daß Leuchtgas in gewissen Mischungen mit Luft (Knallgas) die Gefahr von Explosionen mit sich bringt.

§ 68. Kohlenwasserstoffgas (CH_4), das in wässerigen Schmutzmassen entwickelt wird, kann in gewissen Mischungen mit Luft zu Knallgas werden, daher in abgeschlossenen Kanälen oder Gruben, wenn es mit Licht in Berührung kommt, Explosionen ergeben.

§ 69. Schwefelwasserstoff (SH_2) kommt in freier Luft nicht vor, indem er bei seiner großen Affinität zu Sauerstoff (sowohl als Eisen) sofort zerlegt wird. Vorübergehend findet SH_2 sich in der Luft von Kanälen mit ungenügendem Luftwechsel und — oft in großen Mengen — in verschlossenen Abortgruben. 1 Kubikmeter Londoner Kanalwasser entwickelte in 24 Stunden 66 bis 130 Liter Gas, worin 1,3 bis 3,9 Liter SH_2, und in 1 Kubikmeter Luft von Abortgruben fand man

29,9 Liter SH_2. Dies sind aber Ausnahmefälle und es wird in gut gelüfteten Kanälen SH_2 entweder gar nicht oder nur in Spuren angetroffen (D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. Bd. 28 [1896]). Schwefelwasserstoff ist eines der gefährlichsten Gifte; es reizt zunächst die Schleimhäute, bringt alsdann Uebelkeit, Erbrechen u. s. w. hervor, entzieht dem Blut seinen Sauerstoff und wirkt daher erstickend. Bei nur 0,145 bis 0,300 Teilen auf 1000 Teile wird das Arbeiten in solcher Luft schon nach kurzer Zeit lästig, bei 0,575 Teilen gefährlich; 0,7 bis 0,8 Teile bringen schwere Erkrankungen, 1,0 bis 1,5 Teile rasch den Tod hervor.

SH_2 hat hohes spezifisches Gewicht, rund 2 Gramm pro 1 Liter (genauer 2,297 bei 760 Millimeter Barometerdruck und 0^0 Temperatur). Er strebt daher — wie die etwa gleich schwere Kohlensäure — immer die „tiefste Lage" einzunehmen. Bei Unglücksfällen durch Einatmung wird es sich gewöhnlich um die vereinigte Wirkung von SH_2 und CO_2 handeln. Geringer Luftaustausch genügt, um Gefahren durch Einatmen von SH_2 zu beseitigen. Fälle von SH_2-Einatmung in Kloaken und Kanälen mit tödlichem Ausgang sind vereinzelt berichtet worden (Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Medizin etc. 5. Bd. 1893. — Centralbl. f. allg. Gesundheitspfl. 1889. — D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. Bd. 27 u. 28. 1894 u. 1895), doch nicht immer allemal vollständig aufgeklärt.

§ 70. Ammoniak (NH_3), das Produkt von Fäulnis, ist in der freien Luft, in der es in wechselnden, aber immer nur geringen Mengen vorkommt, ohne Bedeutung, dagegen in geschlossenen Räumen sowohl als Indikator von Fäulnis, sowie wegen seiner Gesundheitsschädlichkeit von einiger Bedeutung. Arnould (Nouv. Eléments etc.) teilt eine Reihe von Zahlen mit, nach welchen an verschiedenen Orten die NH_3-Mengen zwischen 0,00003 und 0,00165 in 1000 Raumteilen wechseln. Doch liegt auch die Grenze der Gesundheitsschädlichkeit sehr niedrig. 0,3 bis 0,5 Teile auf 1000 können bei Gewöhnung ertragen werden, bei 0,5 Teilen beginnt aber die Schädlichkeit, bestehend in Reizungen der Schleimhäute der Luftwege, Schwellungen und fibrinösen Auflagerungen, auch Entzündung an der Bindehaut der Augen. Das Litergewicht von NH_3 ist bei 0^0 Temperatur und 760 Millimeter Barometerdruck 0,6725.

§ 71. Chlor, in der Luft weniger, in häuslichen Abwässern (Küchenwasser) dagegen reichlich vorkommend, ist ein organische Stoffe sehr stark zerstörendes Gas. Es darf, um nicht schädliche Wirkungen bei Menschen hervorzurufen, in der Atmungsluft bis zu höchstens 0,004 Raumteilen in 1000 Raumteilen Luft vorhanden sein. — Schweflige Säure, aus unvollkommener Verbrennung von Brennmaterialien herrührend, in der Luft von Ortschaften immer in einiger Menge vorhanden, wirkt ebenfalls höchst zerstörend auf Lebendes, sowie auch auf Baumaterialien. Die untere Grenze der gesundheitlichen Schädlichkeit liegt bei 0,05 Raumteilen in 1000 Raumteilen atmosphärischer Luft, und es treten rasch gefährliche Wirkungen ein, wenn der Anteil sich auf 0,4 bis 0,5 Raumteile erhöht. Sowohl Chlor als schweflige Säure sind höchst wirksame Desinfektionsmittel; doch ist ihre Verwendung für diesen Zweck durch die große Gefährlichkeit des Gebrauchs sehr eingeschränkt.

§ 72. Ozon (sogen. aktiver Sauerstoff), durch besondere Vorgänge (elektrische Entladungen) in der freien Atmosphäre entstehend, findet sich höchstens in der Menge von 2 Milligramm auf 100 Kubikmeter in derselben. — Aehnlich Wasserstoffsuperoxyd (H_2O_2). Beide Stoffe (die niemals in der Luft geschlossener Räume angetroffen werden) kommen hier nur ihrer starken Oxydationswirkung wegen zur Erwähnung. Ihre praktische Verwertung für Desinfektionszwecke ist aber bisher belanglos.

§ 73. Kohlensäure (SO_2) ist ständig und überall in der Luft anwesend. Hauptquellen derselben sind der Atmungsprozeß der Menschen und Tiere, Entwickelung durch die Pflanzenwelt, die Brennmaterialien und die Zersetzungsvorgänge an der Bodenoberfläche und unter derselben. Abgesehen davon, daß nahe über Bodenoberfläche der CO_2-Gehalt am größten ist, sind die Schwankungen desselben im Freien nur sehr gering, sowohl örtlich als zeitlich. Nach Wolpert (Uffelmann, Jahresberichte 1891) wurden in 1000 Raumteilen Luft angetroffen:

in den Straßen einer Anzahl größerer Städte in den Sommermonaten 0,26 bis 0,31, im Mittel 0,28 Raumteile,

auf freien Plätzen der Städte desgleichen 0,29 bis 0,32, im Mittel 0,30 Raumteile,

in den Straßen einiger anderen großen Städte in den Frühlingsmonaten 0,38 bis 0,68, im Mittel 0,52 Raumteile,

an verschiedenen Stellen der Küste der Nordsee und des Mittelmeers 0,22 bis 0,25, im Mittel 0,24 Raumteile.

Der Durchschnittsgehalt von CO_2 in 1000 Raumteilen der freien atmosphärischen Luft liegt zwischen 0,25 bis 0,45 Raumteilen, der unteren Grenze aber näher als der oberen.

Wesentlich höhere Mengen werden in der Luft geschlossener Räume und an Stellen angetroffen, wo Zersetzungsvorgänge (Gärung, Fäulnis, Verwesung) stattfinden. In den Kellerräumen von Häusern, die in verunreinigtem Boden stehen, enthält die Luft oft das Vier- bis Achtfache der CO_2-Menge des Freien und dicht über Kellersohle noch größere Mengen. Im Erdgeschoß von Gebäuden findet sich weniger, dagegen wird in den höher liegenden Geschossen wieder mehr CO_2 angetroffen. Es ist durch viele Beobachtungen als erwiesen anzunehmen, daß sie zu den höher liegenden Räumen von unten aus — durch die Decken u. s. w. — Zutritt gewinnt*). In Schulen und größeren Versammlungsräumen sind von 4 bis 8 Raumteile CO_2 auf 1000 Raumteile Luft, und in besonderen Fällen noch größere Mengen ermittelt worden.

Hohe Anteile von CO_2 werden auch in der Luft von Abortgruben und schlecht gelüfteten Kanälen angetroffen. 1 Kubikmeter Londoner Kanalwasser entwickelte in 24 Stunden 66 bis 130 Liter Gase und darin 11 bis 22 Liter CO_2. In der Luft des Kanals unter dem englischen Parlamentsgebäude fand man 4,2 bis 8,9 Raumteile CO_2, und in den Kanälen von Dundee 3,9 bis 6,7 Raumteile CO_2 in 1000 Raumteilen Luft. In Münchener Kanalluft ermittelte Beetz von 2,17 bis 4,43 Raumteile auf 1000 Raumteile Luft. Anderweitig sind sowohl geringere als auch größere Anteile gefunden worden.

Ein Satz für Kanalluft, der öfter unter- als überschritten wird, scheint das Acht- bis Zehnfache desjenigen der freien Luft, also 2,5 bis 5,0 Raumteile zu sein; in selten geleerten verschlossenen Abortgruben können aber größere Mengen angetroffen werden.

CO_2, wenn als Produkt von Fäulnis entstanden, wirkt mittelbar und unmittelbar gesundheitsschädlich, mittelbar, indem kohlensäurereiche Luft weniger Sauerstoff als bei der normalen Luftbeschaffenheit enthält. Die unmittelbare Wirkung besteht entweder in Erstickung bei zu stark verringertem Sauerstoffanteil der Atmungsluft, oder in einer Vergiftung, oder durch das Zusammenwirken beider Faktoren. Indessen ist das Anpassungsvermögen des Körpers an CO_2-Aufnahme ein sehr weit gehendes und

*) Albrecht, Handbuch der praktischen Gewerbehygiene, und Betke, Untersuchungen über Kanalluft und Kellerwohnungen in der D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege, Bd. 21 (1889).

fallen deshalb auch die Angaben verschiedener Autoren über die Schädlichkeitsgrenzen weit auseinander. Mehrfach in der Litteratur sich findende Werte sind folgende: 10 in 1000 Raumteilen Beginn von Unbehagen. 80 bis 100 Teile können noch während kurzer Zeit ohne schwere Störungen ertragen werden. 200 bis 300 Teile bringen rasch Bewußtlosigkeit und gefährliche Erkrankung, höhere Anteile, bis 500, Krämpfe und Erstickung.

Ein sehr sicheres Kennzeichen von Gefahr giebt die Lichtprobe, da eine in stark kohlensäurehaltige Luft gebrachte Kerze bei 28 Teilen (nach andern erst bei 60 und 80) erlischt. Rasch wirkende Sicherungsmittel sind: das Einschütten von Aetzkalk, der die CO_2 bindet, oder auch von Eisenvitriol, desgleichen Luftwechsel, durch Erzeugung von Luftbewegung hervorgebracht.

CO_2 ist wegen ihres hohen spezifischen Gewichts (nach einigen 1,8670, nach andern 2,0587 bei 0^0 Temperatur und 760 Millimeter Barometerdruck) von einer gewissen Bedeutung für den Luftwechsel von geschlossenen Räumen — auch desjenigen von Kanälen. Denn bei ihrem um 50 bis 66 % größeren Gewicht als dasjenige der Luft, strebt sie nach der tiefsten Lage, um sich dort lachenartig anzusammeln und verringert so, oder auch mit der Luft gemischt, die Beweglichkeit der letzteren. Auf diesen Punkt wird weiterhin bei Besprechung der Luftbewegung näher einzugehen sein.

§ 74. Der Gehalt der Luft an Wasserdampf geht niemals über 4 % hinaus; er schwankt in umgekehrtem Sinne wie die Temperatur, sowohl in den größeren Zeiträumen (Monaten, Wochen, Tagen) als auch in den Tagesstunden. Im mittleren Deutschland giebt es an jedem Tage je zwei Maxima und zwei Minima der Luftfeuchtigkeit; erstere fallen etwa auf bezw. 9 Uhr vormittags und 8 bis 9 Uhr nachmittags, letztere auf 2 Uhr vormittags und 4 Uhr nachmittags.

Bodenfeuchtigkeit erhöht den Feuchtigkeitsgehalt der nahe über der Oberfläche liegenden Luftschichten, ebenso auch Bedeckung derselben mit Pflanzenwuchs, da letzterer sehr bedeutende Wassermengen durch Verdunstung an der Oberfläche der Blätter u. s. w. abgiebt. Ueber Humusboden ist der Feuchtigkeitsgehalt der Luft am größten, über Sandboden am geringsten.

Jeder Temperatur entspricht eine Größtmenge von Feuchtigkeit, welche in der Luft enthalten sein kann; dabei ist die Luft gesättigt. Jedem Feuchtigkeitsgehalt entspricht auch eine gewisse Spannung (Tension, Dunstdruck) der Luft, welche unabhängig von dem Luftdruck ist. Beim Ueberschreiten der Sättigung tritt Verdichtung zu Nebelbläschen, Tau- und Regentropfen ein. Denjenigen Dunstdruck, welcher der Sättigung entspricht, bezeichnet man, entsprechend, als Taupunkt.

Bezeichnet G das Gewicht von 1 trockener Luft bei 0^0 Temperatur (und 760 Millimeter Barometerdruck) in Kilogramm, t die Temperatur, T die Dunstspannung beim Sättigungszustande und P die in 1 Kubikmeter des Gemisches aus Luft und Dampf enthaltene Feuchtigkeitsmenge gleichfalls in Kilogramm, so gelten folgende Gleichungen*):

$$1)\ G = \frac{1{,}2392}{1 + 0{,}003665\,t} \cdot \frac{760 - T}{760} + P$$

und:

$$2)\ P = \frac{1{,}2932}{1 + 0{,}003665\,t} \cdot \frac{0{,}6225\ T}{760},$$

*) Ohne Rücksicht auf den Feuchtigkeitsgehalt bestimmt sich das Gewicht von 1 cbm Luft nach der Annäherungsformel:

$$G = 1{,}300 - 0{,}004\ t.$$

Temperatur	Dampfspannung Millimeter Quecksilbersäule	Gewicht des Wasserdampfes in 1 cbm	Gewicht von 1 cbm				Gewichtsverminderung von 1 cbm Luft gleicher Temperatur, verglichen mit trockener Luft, bei		
			trockener Luft	zu 35 % gesättigter Luft	zu 75 % gesättigter Luft	zu 100 % gesättigter Luft	35 % des Sättigungszustandes	70 % des Sättigungszustandes	100 % des Sättigungszustandes
		Gramm	Kilogramm				Gramm		
— 20°	0,9	1,06	1,3955	1,3947	1,3938	1,3931	0,8	1,7	2,4
— 16	1,3	1,46	1,3734	1,3726	1,3717	1,3710	0,8	1,7	2,4
— 12	1,8	2,05	1,3527	1,3518	1,3510	1,3502	0,9	1,7	2,5
— 10	2,1	2,30	1,3423	1,3414	1,3405	1,3397	0,9	1,8	2,6
Durchschnittlicher Gewichtsunterschied für 1° Temp.-Unterschied in Gramm			5,32	5,33	5,33	5,34	0,85	1,82	2,47
— 8°	2,5	2,66	1,3320	1,3310	1,3300	1,3292	1,0	2,0	2,8
— 6	2,9	3,14	1,3223	1,3213	1,3203	1,3194	1,0	2,0	2,9
— 5	3,1	3,36	1,3173	1,3161	1,3151	1,3142	1,2	2,2	3,1
— 4	3,4	3,65	1,3126	1,3113	1,3102	1,3091	1,3	2,4	3,5
— 3	3,6	4,04	1,3078	1,3065	1,3053	1,3042	1,3	2,5	3,6
— 2	3.9	4,42	1,3029	1,3016	1,3004	1,2993	1,3	2,5	3,6
— 1	4,3	4,58	1,2980	1,2967	1,2954	1,2943	1,3	2,6	3,7
Durchschnittlicher Gewichtsunterschied für 1° Temp.-Unterschied in Gramm			4,86	4,90	4,94	4,98	1,20	2,23	3,31
± 0°	4,6	4,89	1,2932	1,2917	1,2903	1,2891	1,5	2,9	4,1
1	4,9	5,23	1,2884	1,2869	1,2854	1,2842	1,5	3,0	4,2
2	5,3	5,54	1,2839	1,2823	1,2808	1,2794	1,6	3,1	4,5
3	5,7	5,98	1,2792	1,2775	1,2758	1,2744	1,7	3,4	4,8
4	6,1	6,38	1,2746	1,2728	1,2710	1,2695	1,8	3,6	5,1
5	6,5	6,81	1,2699	1,2681	1,2663	1,2647	1,8	3,6	5,2
6	7,0	7,27	1,2653	1,2634	1,2615	1,2599	1,9	3,8	5,4
7	7,5	7,78	1,2609	1,2589	1,2570	1,2553	2,0	3,9	5,6
8	8,0	8,27	1,2564	1,2543	1,2522	1,2504	2,1	4,2	6,0
9	8,6	8,83	1,2520	1,2497	1,2475	1,2455	2,3	4,5	6,5
10	9,2	9,38	1,2474	1,2450	1,2426	1,2406	2,4	4,8	6,8
Durchschnittlicher Gewichtsunterschied für 1° Temp.-Unterschied in Gramm			4,58	4,67	4,77	4,85	1,88	3,71	5,29
12°	10,5	10,6	1,2386	1,2359	1,2333	1,2310	2,7	5,3	7,6
14	11,9	12,0	1,2301	1,2272	1,2242	1,2217	2,9	5,9	8,4
16	13,5	13,6	1,2216	1,2183	1,2151	1,2123	3,3	6,5	9,3
18	15,4	15,1	1,2130	1,2093	1,2056	1,2024	3,7	7,4	10,6
20	17,4	17,2	1,2049	1,2009	1,1969	1,1934	4,0	8,0	11,5
Durchschnittlicher Gewichtsunterschied für 1° Temp.-Unterschied in Gramm			4,21	4,38	4,55	4,70	3,32	6,62	9,48
Gesamtdurchschnitt für 1° Temperaturunterschied in Gramm			4,77	4,85	4,92	5,00	1,78	3,59	5,14

die, wie man erkennt, sich leicht zu einem einzigen Ausdruck für G zusammenfassen lassen.

Indem in Gleichung 1) das Dampfgewicht durch die Dunstspannung ausgedrückt ist, setzt diese Gleichung voraus, daß ersteres proportional der letzteren ist; dies stimmt mit der Wirklichkeit nahezu überein. Gleichung 2) enthält dieselbe Voraussetzung und nimmt im übrigen das Dampfgewicht pro Kubikmeter als konstant an, was ebenfalls mit der Wirklichkeit nahezu übereinstimmt.

Nur Luft, welche dauernd mit Wasser in Berührung ist, wird sich dauernd im Zustande der Sättigung befinden, unter andern Verhältnissen immer nur einen gewissen Prozentsatz der aufnehmbaren Feuchtigkeit enthalten, d. h. ein Sättigungsdefizit aufweisen.

Das gemittelte Sättigungsdefizit der freien Luft schwankt in Mitteldeutschland in den verschiedenen Monaten des Jahres zwischen 16 und 35 %; d. h. es enthält die Luft im Freien zwischen 65 und 84 % derjenigen Feuchtigkeitsmengen, welche sie nach den mittleren Monatstemperaturen würde enthalten können.

Für eine Anzahl von Temperaturen, wie sie bei Lüftung von Kanälen in Frage kommen, sind die beim Zustande der Sättigung in 1 Kubikmeter Luft enthaltenen Feuchtigkeitsmengen und die zugehörigen Dunstspannungen in der Tabelle auf S. 120 angegeben.

Desgleichen enthält die Tabelle die nach den obigen Gleichungen berechneten, bei jenen Temperaturen stattfindenden Gewichte von 1 Kubikmeter Luft für die drei Zustände: bei der Sättigung und bezw. beim Bestehen von nur 35 bezw. 70 % Feuchtigkeit.

§ 75. Durch alle Fremdstoffe, die in der Luft enthalten sind, wird das Gewicht derselben und damit ihre Beweglichkeit beeinflußt. Doch ist bei den meisten der Fremdstoffe die Beeinflussung so minimal, daß sie, gegenüber andern unvermeidbaren Unsicherheiten vernachlässigt werden darf, dies um so mehr, als die Beeinflussungen teils auf Gewichtsverminderung und teils auf Gewichtsvermehrung wirken, also Ausgleichungen stattfinden. Letzteres gilt z. B. für die durch SH_2 und NH_3 hervorgebrachten Aenderungen, worüber die S. 116, 117 gemachten Gewichtsangaben zu vergleichen sind. Einzig zwei unter den zahlreichen Fremdstoffen der Luft sind es, deren auf Gewichtsänderung der Luft wirkender Einfluß zwar an sich nicht bedeutend, doch groß genug ist, um auf die Beweglichkeit der Luft — die Lüftung abgeschlossener Räume — in merkbarer Weise einzuwirken. Diese sind der Wasserdampf und die Kohlensäure. Neben denselben kommt in viel höherem Maße die durch Temperaturwechsel bedingte Gewichtsänderung der Luft in Betracht. Der Einfluß dieser drei Faktoren auf die Luftbewegung wird daher weiterhin näher zu untersuchen sein.

Das Maß der zusammengefassten Wirkung der Temperatur und des Wasserdampfs auf das Gewicht der Luft ist aus der mitgeteilten Tabelle zu entnehmen; darnach wird mit steigendem Dampfgehalt das Luftgewicht geringer. Umgekehrt verhält es sich mit der Kohlensäure, welche, bei dem Litergewicht von ca. 2 Gramm, das Gewicht der Luft vergrößert. Es findet daher in der Wirkung der beiden Stoffe bis zu einem gewissen Grade ein Ausgleich statt. Wie weit derselbe geht, ermittelt man leicht, indem man von dem Gewicht, das 1, 2 . . . n Liter CO_2 haben, das Gewicht von 1, 2 . . . n Liter (nicht trockner) Luft in Abzug bringt. Sind 1, 2 . . . n Liter CO_2 in 1 Kubikmeter Luft enthalten, so ergiebt die Addition des Restes zu dem Gewicht von 1 Kubikmeter (1, 2 . . . n Liter) kohlensäurefreier Luft das Gewicht von 1 Kubikmeter Luft mit jenen CO_2-Anteilen. In nachstehender Tabelle sind die Mehrgewichte zusammengestellt, welche gesättigte Luft, die 1 bis 10 Liter CO_2 in 1 Kubikmeter

enthält, bei dem Temperaturintervall 0° bis 10° besitzt. Darnach erlangen die Mehrgewichte erst bei höheren Anteilen von Kohlensäure einige Bedeutung; der Einfluß der Temperatur tritt für das berücksichtigte Intervall von 1 bis 10° aber nur wenig hervor.

1 cbm gesättigte Luft wird durch den CO_2-Gehalt um Gramm schwerer bei den Temperaturen:

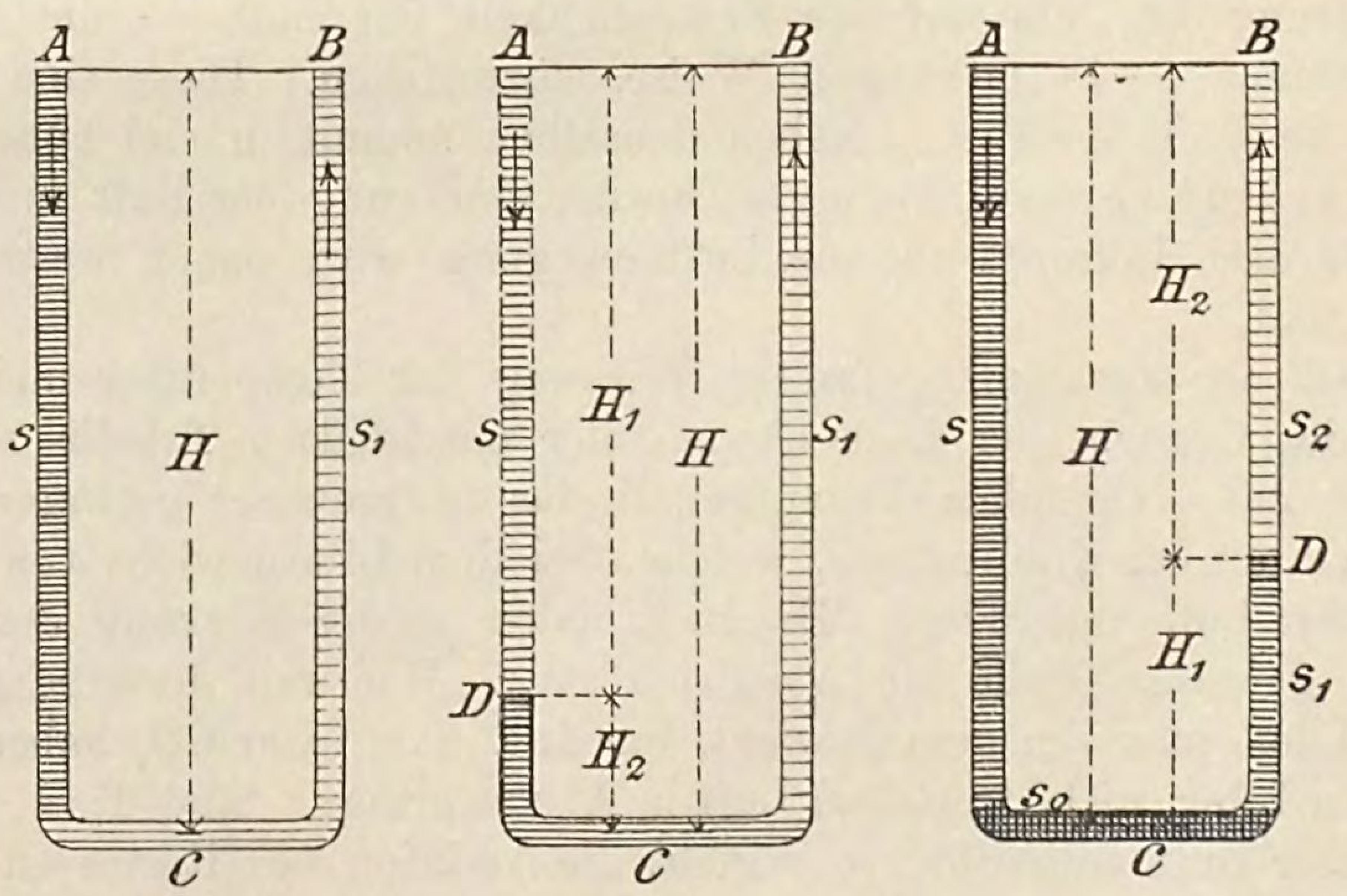
CO_2 in 1 cbm	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
1 l	0,71	0,72	0,72	0,73	0,73	0,74	0,74	0,75	0,75	0,76	0,76
2 „	1,42	1,43	1,44	1,45	1,46	1,47	1,48	1,49	1,50	1,51	1,52
3 „	2,13	2,15	2,16	2,18	2,19	2,21	2,22	2,24	2,25	2,27	2,28
4 „	2,84	2,86	2,88	2,90	2,92	2,94	2,96	2,98	3,00	3,02	3,04
5 „	3,56	3,58	3,61	3,63	3,65	3,68	3,70	3,73	3,75	3,78	3,80
6 „	4,27	4,30	4,33	4,36	4,38	4,41	4,44	4,46	4,50	4,53	4,55
7 „	4,98	5,01	5,05	5,08	5,11	5,15	5,18	5,22	5,25	5,29	5,31
8 „	5,69	5,73	5,77	5,81	5,84	5,88	5,92	5,96	6,00	6,04	6,07
9 „	6.39	6,44	6,49	6,53	6,57	6,62	6,66	6,71	6,75	6,80	6,83
10 „	7,11	7,16	7,21	7,26	7,31	7,35	7,40	7,45	7,50	7,55	7,59

2. Kapitel.

Luftbewegung.

§ 76. Die sekundliche Geschwindigkeit v, mit welcher sich Luft in kommunizierenden Röhren, Fig. 1, bewegt, in deren beiden Schenkeln die ungleichen Luft-

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.



dichten s und s_1 bestehen, denen die ungleichen Gewichte pro Kubikeinheit g und g_1 äquivalent sind, ist durch die allgemeine Gleichung gegeben:

$$v = \varphi \sqrt{2gH\left(1 - \frac{s}{s_1}\right)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1)$$

Die anderweite allgemeine Gleichung:

$$v = \varphi \sqrt{2gH \frac{T - t}{273 + T}},$$

welche die Temperaturverschiedenheiten benutzt, ist für den vorliegenden Zweck nicht anwendbar, weil sie die Gewichtsveränderungen der Luft durch Feuchtigkeit und Kohlensäure unberücksichtigt läßt.

Der Beiwert φ in den Formeln entspricht dem durch Reibung, Richtungs- und Querschnittsänderungen entstehenden Verlust. Dieser Verlust kann so groß sein, daß anstatt der theoretischen Geschwindigkeit nur $^2/_3$ bis $^1/_3$ derselben erreicht werden, also der Wert $\varphi \geqq \frac{1}{3}$ aber $\leqq \frac{2}{3}$ anzunehmen ist. Genaueres darüber ist für den hier vorliegenden Fall, wo es sich um die Bewegung von Luft in Schmutzwasserkanälen handelt, nicht bekannt. Vergleiche übrigens ein weiterhin durchgerechnetes Beispiel, in welchem der Reibungswiderstand unter Einführung eines bestimmten Zahlenwertes berücksichtigt ist.

Der regelmäßig vorkommende Fall dieser Art wird der in Fig. 2 versinnlichte sein: die Stelle des einen Schenkels der kommunizierenden Röhre, bezw. eines Stücks der Länge derselben (in Fig. 2 die Länge H_1) wird dann durch die freie Atmosphäre vertreten. Die Geltung der allgemeinen Gleichung 1) wird durch diese Aenderung nicht berührt.

Aenderungen des Zustandes sind in Fig. 3 versinnlicht, welche andeutet, daß in dem Verbindungsstück der beiden Röhren abweichende Dichte s_0 und in dem einen Schenkel auf verschiedenen Längenteilen H_1 und H_2 ungleiche Dichten s_1 und s_2 bestehen. Dieser Fall liegt z. B. vor, wenn im Punkte D eine sogen. Lockfeuerung unterhalten wird, welche in dem Rohrteile oberhalb D eine Luftverdünnung bewirkt.

Was zunächst letztere Aenderung betrifft, so ist dafür die allgemeine Gleichung 1) leicht einzurichten, indem man dieselbe schreibt:

$$v = \varphi \sqrt{2g\left(H - H\frac{s}{s_1}\right)}$$

Dem durch Fig. 3 dargestellten Fall entsprechend nimmt dieselbe hiernach die Form an:

$$v = \varphi . \sqrt{2g\left[H - \left(H_1\frac{s_1}{s} + H_2\frac{s_2}{s}\right)\right]} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2)$$

Je nachdem die Dichte s_0 der in dem Verbindungsrohre befindlichen Luft größer oder geringer als s ist, wird diese Abweichung die Geschwindigkeit v vermindern, bezw. vermehren, und zwar in dem Verhältnis als $s_0 \gtrless s$ ist. Man kann die Geschwindigkeitsänderung daher bestimmen, indem man die dem Mehr- oder Mindergewicht der in dem Verbindungsstück enthaltenen Luft entsprechende Kraft K ermittelt und den (in Kilogramm ausgedrückten) Wert K in eine Luftsäulenhöhe H_0 umrechnet. Es ist $K = \frac{Q}{2g} v^2$, wenn Q das Mehr- bezw. Mindergewicht bezeichnet.

Die Geschwindigkeits-Berechnung wird in vorläufiger Weise, d. h. ohne Rücksicht auf das im Verbindungsrohr C bestehende abweichende Luftgewicht nach der allgemeinen Gleichung 1) ausgeführt.

Der Kraft von 1 Kilogramm entspricht eine Wassersäulenhöhe = 1 Meter und letzterer ist eine Luftsäulenhöhe $\frac{W}{L} \cdot 1$ gleichwertig, wenn W und L das Gewicht von 1 Kubikmeter Wasser bezw. Luft bezeichnen.

Um nun Vergleiche und Folgerungen zu ziehen, sind unter durchgängiger Zugrundelegung von $H = 16$ Meter und der Annahme von Lufttemperaturen, die der Verschiedenheit der Jahreszeiten entsprechen, desgleichen unter Annahme von Kohlensäureanteilen der Luft, welche als hoch gegriffene Durchschnittswerte gelten können, nachstehend eine Anzahl von Werten für v berechnet und in Tabellen zusammengestellt worden. Denselben sind die für einige gängige Rohrkaliber entsprechenden stündlichen Luftmengen (M) hinzugefügt und endlich ist berechnet worden, ein wie vielmaliger Luftwechsel pro Stunde für einen Kanalinhalt = 10 Kubikmeter sich beim Ab- bezw. Zufluß der berechneten Luftmengen M ergiebt. Die wegen des Beiwerts φ erforderliche Korrektur ist nicht bei den Geschwindigkeiten v, sondern, was auf das Gleiche hinauskommt, bei den Luftmengen M ausgeführt; es ist dabei durchgehends $\varphi = \frac{1}{3}$ gesetzt worden.

Zum leichteren Verständnisse der in den Tabellen mitgeteilten Zahlen möge zunächst der Rechnungsgang an einem Beispiele vorgeführt werden:

Es seien die Gewichte von 1 cbm Luft unter Zurechnung des Mehrgewichts für bestimmte Anteile von CO_2 (Tab. S. 120 u. 122):

im Freien	1,3409 kg
in der Anschlußleitung an den Straßenkanal	1,2684 „
in dem häuslichen Fallrohr	1,2209 „

Dann ist:

$$\frac{s}{s_1} = \frac{1,2209}{1,3409} = 0,9105$$

und danach:

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 16,0\,(1,0000 - 0,9105)} = 5,301 \text{ m.}$$

Das Mehrgewicht der Luft in der Anschlußleitung ist:

$$1,2684 - 1,2209 = 0,0475 \text{ kg.}$$

Danach ist der Mehrbedarf an bewegender Kraft:

$$K = \frac{0,0475}{2 \cdot 9,81}\,(5,301)^2 = 0,068 \text{ kg oder } 0,068 \text{ mm Wassersäule.}$$

Wasser ist schwerer als Luft:

$$\frac{1000}{1,3409} = 746,$$

mithin die der Wassersäule von 0,068 mm gleichwertige Luftsäule:

$$0,068 \cdot 746 = 50,73 \text{ oder } 51 \text{ mm.}$$

So viel beträgt also die dem Mehrgewicht der Luft in der Anschlußleitung entsprechende Verminderung der Höhe der treibenden Luftsäule, welche sich daher auf:

$$16,000 - 0,051 = 15,949 \text{ m}$$

ermäßigt.

Hierfür ergiebt sich der berichtigte Wert von v (Gl. 2)

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,81\,(15,949 - 16 \cdot 0,9105)} = 5,205 \text{ m.}$$

Dies ist weniger als der vorläufig ermittelte Wert:

$$5,301 - 5,205 = 0,096 \text{ m oder } 1,81\ \%.$$

Es fließen bei der berichtigten Geschwindigkeit durch Rohre von:

0,100 — 0,125 — 0,150 m Durchmesser
150 — 234 — 337 cbm Luft

stündlich ab.

bei Annahme des Beiwertes $S = \frac{1}{3}$ aber nur:

50 — 78 — 112 cbm.

Für 10 cbm Kanalinhalt ergiebt dies pro Stunde einen

5,0 — 7,8 — 11,2maligen Wechsel der Luft desselben.

§ 77. Den Zahlen beider Tabellen (S. 126, 127) liegen jeweils immer zwei verschiedene Zustände zu Grunde In der Tabelle 1 beschränkt sich der Unterschied aber auf den Wechsel im CO_2-Gehalt der Luft, während in der Tabelle 2 auch Wechsel bei Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt der Luft vorausgesetzt worden sind.

Ein Vergleich der in den Spalten 4, 5, 6 beider Tabellen lehrt zunächst, daß der Einfluß, den das Mehrgewicht der Kohlensäure auf die Luftbewegung übt, nur sehr gering ist, da selbst für so hohe Anteile wie 10 Raumteile auf Tausend die Geschwindigkeitsverminderung innerhalb der Grenze von etwa 5 % bleibt. Da solch hohe Anteile nur in sehr mangelhaft gelüfteten Gruben — doch niemals in Kanälen — vorkommen können, selbst wenn diese mangelhafte Lüftungseinrichtungen besitzen, so folgt, daß man bei Rechnungen über den Luftwechsel, der in Kanälen stattfindet, auf den CO_2-Gehalt der Kanalluft keine Rücksicht zu nehmen braucht; der betreffende Fehler erscheint im Vergleich zu der Unsicherheit, die über die Größe des Geschwindigkeitskoeffizienten stattfindet, als minimal. Entsprechend sind für die Zahlen in Spalte 7 der Tabellen diejenigen Geschwindigkeiten zu Grunde gelegt, welche sich ohne Berücksichtigung des CO_2-Gehalts ergeben (Spalte 4 der Tabellen).

Vergleicht man die in Tabelle 1 verzeichneten Luftgeschwindigkeiten mit denjenigen, welche Tabelle 2 enthält, so wird der große Einfluß anschaulich, den die Lage der Fallrohre im Innern der Gebäude auf den Luftwechsel in den Kanälen ausübt. Liegen die Fallrohre außen am Gebäude, so bleiben die Geschwindigkeiten im allgemeinen erheblich hinter denjenigen zurück, welche bei der Lage derselben im Innern stattfinden. Indessen kommt es dabei doch auf die Temperatur-Unterschiede der beiden Luftsäulen sehr an. Die Tabelle 2 ergiebt, daß wenn die Temperatur im Fallrohr von derjenigen des Freien sich wesentlich unterscheidet — was freilich nur in kalter Jahreszeit bei geschützter Lage der Fallrohre möglich ist —, dann noch recht erhebliche Luftgeschwindigkeiten eintreten, daß aber bei der Abstumpfung, welche die Temperaturunterschiede zu anderen Jahreszeiten erfahren, die Geschwindigkeiten sich bedeutend ermäßigen. Am größten ist die Herabminderung in den Sommermonaten. Um diese Jahreszeit wird aber nach Tabelle 1 die Luftgeschwindigkeit auch dann gering, wenn die Fallrohre im Innern des Gebäudes liegen. Im Frühling und Herbst finden Mittelwerte der Geschwindigkeiten statt.

Aber selbst bei der mittleren und kleinen Geschwindigkeit findet nach den in Spalte 8 der Tabelle verzeichneten Zahlen, die ein sehr ungünstiges Verhältnis zwischen Rohr- und Kanalquerschnitt voraussetzen, nämlich je ein enges Fallrohr auf 10 Quadratmeter Kanalinhalt, noch eine sehr gute Lufterneuerung statt; die Erfahrung bestätigt dies. Auf die besondere Bedeutung, welche dieser Thatsache mit Bezug auf die sogen. Kanalgastheorie beiwohnt, wird weiterhin speziell einzugehen sein.

Während im Winter und gewöhnlich auch im Herbst und Frühling die Luftbewegung die Richtung vom Freien durch die Fallrohre hat, findet im Sommer Umkehrung der Richtung statt. Bei besonderer Lage der Fallrohre (kalter, vom Wind bestrichener) kann aber auch im Winter die Luft den Weg durch die Fallrohre zum Kanal nehmen. Jedenfalls muß bei der leichten Beweglichkeit

1	2			3		4	5	6		7						8		
Jahreszeit sowie Ort der Luft	Luftzustand			Gewicht von 1 cbm Luft		Luftgeschwindigkeit v		Geschwindigkeitsverminderung infolge des CO_2-Gehalts		Stündliche Luftmengen bei den Geschwindigkeiten nach Spalte 4 von						Häufigkeit des Luftwechsels in 1 Stunde für 10 cbm Kanalraum bei Rohrweiten von cm		
	Temperatur in Grad C.	Feuchtigkeit in %	CO_2-Gehalt 1 per Tausend	ohne CO_2-Anteil in kg	mit CO_2-Anteil in kg	ohne	mit			M			1/3 M					
						Berücksichtigung des CO_2-Anteils				bei Rohrweiten von cm								
						Meter-Sekunden		m	%	10	12,5	15	10	12,5	15	10	12,5	15

Tabelle 1. Fallrohre im Innern des Gebäudes liegend gedacht ($H = 16$ m).

1	2			3		4	5	6		7						8		
a) Winter:																		
Im Freien . .	−10	70	0,35	1,3405	1,3409													
	−10	70	0,35	1,3405	1,3409													
In der Anschluß-leitung	+ 5	100	5	1,2647	1,2684	5,301	5,205	0,096	1,81									
	5	100	10	1,2647	1,2721					150	234	337	50	78	112	5,0	7,8	11,2
Im häuslichen Fallrohr	15	100	5	1,2170	1,2209	5,301	5,199	0,102	1,92									
	15	100	5	1,2170	1,2209		0,006											
b) Frühling und Herbst:																		
Im Freien . .	5	70	0,35	1,2663	1,2667													
	5	70	0,35	1,2663	1,2667													
In der Anschluß-leitung	8	100	5	1,2504	1,2542	3,981	3,828	0,153	3,82									
	8	100	10	1,2504	1,2579					113	175	253	38	58	84	3,8	5,8	8,4
Im häuslichen Fallrohr	18	100	5	1,2024	1,2064	3,981	3,805	0,176	4,42									
	18	100	5	1,2024	1,2064		0,023											
c) Sommer:																		
Im Freien . .	20	60	0,35	1,1980	1,1983													
	20	60	0,35	1,1980	1,1983													
In der Anschluß-leitung	8	100	5	1,2504	1,2542	1,585	1,553	0,032	2,02									
	8	100	10	1,2504	1,2579					45	70	101	15	23	34	1,5	2,3	3,4
Im häuslichen Fallrohr	18	70	2,5	1,2056	1,2076	1,585	1,503	0,082	5,17									
	18	70	2,5	1,2056	1,2076		0,050											

Tabelle 2. Fallrohre außen am Gebäude liegend gedacht.

1	2			3		4	5	6		7						8		
a) Winter:																		
Im Freien . .	−10	70	0,35	1,3405	1,3409													
	−10	70	0,35	1,3405	1,3409													
In der Anschluß-leitung	5	100	5	1,2647	1,2684	2,313	2,352	+ 0,039	+ 1,69	66	102	147	22	34	49	2,2	3,4	4,9
	5	100	5	1,2647	1,2684													
Im häuslichen Fallrohr	− 5	100	5	1,3142	1,3176	4,097	4,081	+ 0,002	+ 0,05	115	180	260	38	60	87	3,8	6,0	8,7
	5	70	5	1,2663	1,2700													
b) Frühling und Herbst:																		
Im Freien . .	5	70	0,35	1,2663	1,2667													
	5	70	0,35	1,2663	1,2667													
In der Anschluß-leitung	8	100	5	1,2504	1,2542	1,252	1,255	+ 0,003	+ 0,24	35	55	80	12	18	27	1,2	1,8	2,7
	8	100	5	1,2504	1,2542													
Im häuslichen Fallrohr	7,5	35	5	1,2566	1,2603	2,241	2,235	0,006	0,27	63	99	143	21	33	48	2,1	3,3	4,8
	10	50	2,5	1,2440	1,2467													
c) Sommer:																		
Im Freien . .	20	60	0,35	1,1980	1,1983													
	20	60	0,35	1,1980	1,1983													
In der Anschluß-leitung	8	100	5	1,2504	1,2542	1,585	1,571	0,014	0,89	45	70	101	15	23	34	1,5	2,3	3,4
	8	100	5	1,2504	1,2542													
Im häuslichen Fallrohr	18	70	2,5	1,2056	1,2076	0,560	0,542	0,018	3,21	16	25	36	5	8	12	0,5	0,8	1,2
	25	50	2,5	1,1975	1,2000													

Jahreszeit sowie Ort der Luft	Luftzustand		Gewicht von 1 cbm Luft	Luftgeschwindigkeit v	Stündliche Luftmengen						Häufigkeit des Luftwechsels in 1 Stunde für 10 cbm Kanalraum bei Rohrweiten von cm		
					M			$^1/_3$ M					
					bei Rohrweiten von cm								
	Temperatur in Grad C.	Feuchtigkeit in %	kg	m	10	12,5	15	10	12,5	15	10	12,5	15
Tabelle 3. Fallrohre im Innern des Gebäudes liegend gedacht mit Lockfeuerung am unteren Ende.													
a) Winter:													
Im Freien	— 10 — 10	70 70	1,3405 1,3405	6,138	174	271	391	58	90	130	5,8	9,0	13,0
Im häuslichen Fallrohr .	+ 25 50	20 15	1,1800 1,0920	7,621	215	337	485	72	112	162	7,2	11,2	16,2
b) Herbst und Frühling:													
Im Freien	5 5	70 70	1,2663 1,2663	4,340	123	192	276	41	64	92	4,1	6,4	9,2
Im häuslichen Fallrohr .	25 50	20 15	1,1800 1,0920	6,330	179	279	403	60	93	134	6,0	9,3	13,4
c) Sommer:													
Im Freien	20 20	60 60	1,1980 1,1980	2,170	61	96	138	20	32	46	2,0	3,2	4,6
Im häuslichen Fallrohr .	25 50	20 15	1,1800 1,0920	5,285	149	230	336	50	77	112	5,0	7,7	11,2
Tabelle 4. Fallrohre im Innern des Gebäudes liegend gedacht. Die Luft derselben wird durch Flammen, welche 5 m hoch in den Straßen angebracht sind, angesaugt.													
a) Winter:													
Im häuslichen Fallrohr . Bei der Lockflamme . . Im Rohr, auf welchem die Lockflamme angebracht ist	15 40 5	100 35 100	1,2170 1,1264 1,2647	3,495	96	153	222	32	51	74	3,2	5,1	7,4
b) Herbst, Frühling (auch Sommer):													
Im häuslichen Fallrohr . Bei der Lockflamme . . Im Rohr, auf welchem die Lockflamme angebracht ist	18 40 8	70 35 100	1,2056 1,1264 1,2504	3,245	92	143	206	31	48	69	3,1	4,8	6,9

der Luft und den häufigen großen Tagesschwankungen, welche die Außentemperatur erfährt, auf vielfache Wechsel auch in der Bewegungs-Richtung der Luft gerechnet werden, desgleichen darauf, daß die Luftbewegung vorübergehend ganz aufhört. Letzteres findet sowohl statt bei Temperaturunterschieden gleich Null, als auch bei so kleinen Unterschieden, daß die Unterschiede in den Luftdichten zu gering sind, um Reibungs- und sonstige Widerstände, die sich der Luftbewegung entgegensetzen, überwinden zu können.

§ 78. Um die Betrachtung zu vervollständigen, ist noch weiter untersucht, wie sich die Luftbewegung gestaltet, wenn künstliche Mittel — Aspiration durch sogen. Lockfeuer und Lockflammen — zu Hilfe genommen werden. Auf die Berücksichtigung des CO_2-Gehalts der Kanalluft wurde dabei aus oben angegebenem Grunde

verzichtet. Die Tabelle 3 setzt zwei Fälle voraus, und zwar a) Erwärmung der Luft im Fallrohr auf die mäßige Temperatur von 25°, wie sie schon durch eine größere Lockflamme erzielbar ist und b) Erwärmung auf 50°, wozu eine eigentliche Lockfeuerung notwendig sein wird. Die Tabelle 4 nimmt den Fall an, daß zur Aspiration eine im Freien 5 Meter über Kanalhöhe stehende größere Flamme benutzt wird, die an der oberen Oeffnung des Standrohrs eine Lufttemperatur von 35° schafft.

Während für den Zustand ad a) die Rechnung für alle drei Zeittypen durchgeführt wurde, brauchten in Tabelle 4 nur zwei Jahreszeiten berücksichtigt zu werden, weil in den Resultaten — wie zum voraus zu erwarten war — so nahe Uebereinstimmung stattfindet, daß eine weitere Ausdehnung der Rechnungen überflüssig erschien.

§ 79. Eine Lockfeuerung oder eine Lockflamme ist nicht nur in Bezug auf das Maß des Luftwechsels, den sie hervorbringt, sondern auch mit Bezug auf die räumliche Ausdehnung ihres Einflusses auf die Luftbewegung in Kanälen von einer genau begrenzten Wirksamkeit, letzteres weil das in der Wärme der Lockfeuerung enthaltene Arbeitsvermögen bei der Ueberwindung der der Luftbewegung sich entgegenstellenden Widerstände aufgezehrt wird. Abgesehen von der bei Querschnittsänderungen der Leitung und bei der Temperaturerhöhung der angesaugten Luft zu leistenden sogen. inneren Arbeit treten als äußere Widerstände die Reibung an den Kanalwänden und bei Richtungsänderungen der Leitung der Widerstand gegen Ablenkung des Luftstromes auf. Von letzterem soll in der folgenden Untersuchung, welche die Bestimmung der räumlichen Ausdehnung der Wirksamkeit einer Lockfeuerung zum Zweck hat, abgesehen werden, teils weil der Widerstand bei Richtungsänderungen verhältnismäßig gering ist, teils um den ohnehin großen Umfang der Betrachtung nicht unnötigerweise zu vermehren.

Die Reibungsgröße von Gasen und tropfbaren Flüssigkeiten folgt dem allgemeinen Gesetz:

$$R = \mu l \frac{u}{f} v \gamma p \quad \dots\dots\dots\dots \quad 1)$$

worin l die Länge, u den berührten Umfang, f den Querschnitt der Leitung bezeichnen. γ ist das Einheitsgewicht, p die Pressung der Flüssigkeit und μ ein aus der Erfahrung zu entnehmender Beiwert.

Reibung findet nicht nur an der Kanalwand, sondern auch an der Wand des Schlotes, an dessen unterem Ende die Lockfeuerung gedacht wird, statt. Da aber die Gewichte und folglich auch die Pressungen der Luft im Kanal und im Schlote ungleich sind, sind die Reibungswiderstände in beiden von ungleicher Größe. Dieselben sind ferner ungleich aus dem Grunde, daß es sich in dem einen Falle im Schlot um Reibung an einem trockenen, im Kanal um Reibung an einer nassen Wand- bezw. an einer Wasserfläche handelt. Die Verschiedenheit zu 1 wird durch die beiden Faktoren γ und p in der obigen Gleichung zum Ausdruck gebracht; die Verschiedenheit zu 2 wird durch Einführung von zwei ungleichen Beiwerten, bezw. μ und μ_1 zu berücksichtigen sein.

Werden alle Größen, die sich auf den Schlot der Höhe h beziehen, ohne Index geschrieben, und diejenigen, welche sich auf den Kanal beziehen, mit dem Index 1 versehen, so sind die Reibungswiderstände:

für den Schlot: $$R = \mu h \frac{u}{f} \gamma p \quad \dots\dots\dots\dots \quad 2)$$

für den Kanal: $$R_1 = \mu_1 l \frac{u_1}{f_1} \gamma_1 p_1 \quad \dots\dots\dots\dots \quad 3)$$

Hieraus können zunächst die Größen p und p_1 entfernt werden, da nach dem Mariotteschen Gesetz:

$$p_1 = \frac{p}{\gamma} \gamma_1 \quad \text{ist.}$$

Wird hierin $\frac{p}{\gamma} = 1$, mithin $p = \gamma$ und $p_1 = \gamma_1$ gesetzt, so verändern sich durch Einsetzung die Gleichungen 2) und 3) wie folgt:

für den Schlot: $$R = \mu h \frac{u}{f} \gamma^2 \quad \ldots\ldots \quad 4)$$

für den Kanal: $$R_1 = \mu_1 l \frac{u_1}{f_1} \gamma_1^2 \quad \ldots\ldots \quad 5)$$

Diese Widerstände werden durch die der warmen Luft im Schlot innewohnende Kraft überwunden. Die Kraft, welche der Warmluftsäule im Schlot eine Geschwindigkeit v verleiht, ist:

$$R = f h \gamma \frac{v^2}{2g} \quad \ldots\ldots \quad 6)$$

Es muß aber, da die bewegende Kraft sowohl als die widerstehenden Kräfte Arbeit verrichten, Gleichheit der Arbeit der Warmluft mit der Arbeit der Reibungswiderstände stattfinden. Die sekundliche Arbeit der bewegenden und bezw. der widerstehenden Kraft im Schlot ist aber:

$$R v = f h \gamma \frac{v^2}{2g} v \quad \ldots\ldots \quad 7)$$

$$R v = \mu h \frac{u}{f} \gamma^2 v \quad \ldots\ldots \quad 8)$$

Indem bei vorausgesetzter Verschiedenheit der Querschnitte f und f_1 die Geschwindigkeit der Luft im Kanal eine andere sein wird als im Schlot, ist für diese v_1 antstatt v zu setzen und wird dann:

$$R_1 v_1 = \mu_1 l \frac{u_1}{f_1} \gamma_1^2 v_1 \quad \ldots\ldots \quad 9)$$

Da das sekundlich aus dem Schlot am oberen Ende austretende Luftgewicht demjenigen gleich ist, welches am unteren Schlotende vom Kanal her eintritt, läßt sich v_1 durch v ausdrücken, nach der Gleichung:

$$v_1 \gamma_1 f_1 = v \gamma f,$$

nach welcher:

$$v_1 = v \frac{\gamma}{\gamma_1} \frac{f}{f_1}$$

Wird dieser Wert in Gleichung 9) eingesetzt, so hat man:

$$R_1 v_1 = \mu_1 l \frac{u_1}{f_1} \gamma_1^2 \frac{\gamma}{\gamma_1} \frac{f}{f_1} v = \mu_1 l \frac{u_1}{f_1^2} \gamma \gamma_1 f v \quad \ldots\ldots \quad 10)$$

Indem man der disponiblen Arbeitsgröße nach Gleichung 7) die widerstehenden Arbeitsgrößen nach den Gleichungen 8) und 10) gleich setzt, erhält man:

$$f h \gamma \frac{v^2}{2g} v = \mu h \frac{u}{f} \gamma^2 v + \mu_1 l \frac{u_1}{f_1^2} \gamma \gamma_1 f v \quad \ldots\ldots \quad 11)$$

aus welcher durch Umstellung und Weglassung der allen Gliedern gemeinsamen Faktoren zunächst folgt:

$$\mu_1 \frac{u_1 \gamma_1}{f_1^2} \cdot l = h \frac{v^2}{2g} - \mu h \frac{u \gamma}{f^2}$$

woraus endlich:

$$l = \frac{h f_1^2}{\mu_1 u_1 \gamma_1} \left(\frac{v^2}{2g} - \frac{\mu u \gamma}{f^2} \right) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 12)$$

In diesen Gleichungen sind bei gegebenen h, f, f_1, γ, γ_1 und v nur die Beiwerte μ, μ_1 unbekannt. Für Heizröhren mit gemauerten glatten Wandungen hat μ den Wert 0,0065; für μ_1 ist ein Wert bisher nicht ermittelt worden. Wenn es daher auch wahrscheinlich ist, daß μ_1 einen von μ verschiedenen Wert hat, so bleibt doch nichts anderes übrig, als $\mu_1 = \mu = 0{,}0065$ zu setzen. Unter dieser Annahme möge die Gleichung 12) auf ein Beispiel angewendet werden. Es sei:

die Schlothöhe $h = 20$ m;
der Schlotquerschnitt ein Quadrat der Seitenlänge 0,5 m, also $f = 0{,}25$ qm und u 2,00 m;
der Kanalquerschnitt ein Kreis vom Durchmesser 1 m, daher $f_1 = 0{,}7854$ qm und $u_1 = 3{,}1416$ m.

Die Luftsäule im Schlot habe die Temperatur 50° und den Feuchtigkeitsgehalt 15 % der Sättigung. Dann ist nach der Tabelle S. 120 bei — 10° Außentemperatur das Gewicht von 1 cbm: $\gamma = 1{,}092$ kg und die Luftgeschwindigkeit im Schlot: $v = 7{,}621$ m.

Beim Durchgang der Außenluft durch den Kanal wird, da es sich um eine größere Länge l handelt, die Temperatur der Außenluft sich erhöhen. Es werde angenommen, daß dies bis auf 5° und Sättigung mit Feuchtigkeit bis zu 35 % stattfindet. Alsdann ist nach der Tabelle S. 120 das Gewicht von 1 cbm Luft: $\gamma_1 = 1{,}2681$ kg.

Werden die vorstehenden Werte in die Gleichung 12) eingesetzt, so erhält man als für die Winterszeit gültige Länge l, auf welche der Schlot seine Einwirkung erstreckt:

$$l_a = 20 \frac{0{,}7854^2}{0{,}0065 \,.\, 3{,}1416 \,.\, 1{,}2681} \left(\frac{7{,}621^2}{2 \,.\, 9{,}81} - \frac{0{,}0065 \,.\, 2{,}0 \,.\, 1{,}0920}{0{,}5^2} \right) =$$

$$= 476{,}4\,(2{,}96 - 0{,}0568) = 1383 \text{ m.}$$

Um den Einfluß zu veranschaulichen, den die Temperaturwechsel der Außenluft auf die Länge l ausüben, sei das Beispiel auch für die Frühjahrs- und Herbstperiode, bezw. die Sommerzeit durchgeführt. Es bleiben dabei außer γ_1 und v alle obigen Zahlen unverändert. Nach den Tabellen S. 120 und 127 ist bei 8° Temperatur der Kanalluft und 35 % der Sättigung:

Frühling und Herbst	Sommer
$\gamma_1 = 1{,}2543$ kg,	$\gamma_1 = 1{,}2543$ kg,
$v = 6{,}330$ m.	$v = 5{,}285$ m.

$$l_b = 20 \frac{0{,}7854^2}{0{,}0065 \,.\, 3{,}1416 \,.\, 1{,}2543} \left(\frac{6{,}33^2}{2 \,.\, 9{,}81} - 0{,}0568 \right) = 481{,}8\,(2{,}0424 - 0{,}0568) = 957 \text{ m,}$$

$$l_c = 481{,}8\,(1{,}4236 - 0{,}0568) = 659 \text{ m.}$$

Die ermittelten Zahlen erweisen, daß der Einfluß eines Schlotes von nur mäßiger Höhe ein ziemlich weit reichender ist. Doch ist als sicher anzunehmen, daß diese Zahlen die Wirkung des Schlotes in einem bei weitem günstigeren Lichte erscheinen lassen, als die Wirklichkeit es bietet. Denn die Zahlen sind auf der Grundlage ermittelt, daß keinerlei Strömungen im Kanal stattfinden, welche die Luftströmungen zum Schlot beeinträchtigen. Solche schädlichen Strömungen sind aber nach den Ermittelungen S. 133 ff. immer vorhanden und — vermöge der Wasserströmung im Kanal — selbst in dem Falle, daß der Kanal auf so große Längen, wie die obige Rechnung sie ergeben hat, von der Außenluft völlig abgeschlossen ist; letzteres ist aber niemals der Fall. Da ferner noch der Einfluß von Richtungs- sowie Querschnittsänderungen des Kanals in der Rechnung unberücksichtigt geblieben ist, ergiebt sich mit Notwendigkeit die Schlußfolgerung, daß die Ein-

flußsphäre eines Schlotes allgemein eine erheblich geringere sein wird, als die obigen Rechnungen nachweisen, daß letztere also die denkbar günstigste Wirkung, eine Wirkung, die nur unter außergewöhnlichen Verhältnissen erreichbar ist, darstellen.

Die Gleichung 12) für l zeigt, daß in dem Falle wo stattfindet:

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{\mu u \gamma}{f^2},$$

$l = 0$ wird. Hier handelt es sich allerdings um eine bloß theoretische Festlegung, da, wie klein v auch sei, dem Kanal immer eine gewisse Luftmenge entzogen wird. Deshalb besagt das obige Resultat nur, daß beim Absinken von v auf eine gewisse Größe herab die Einwirkung des Schlotes sich nicht weiter als auf die unmittelbare Nähe seines unteren Endes erstrecken, oder auch, daß anstatt Bewegung hier eine bloße Luftverdünnung eintreten wird.

Bei den, dem obigen Beispiel zu Grunde liegenden Werten $f = 0{,}5$ qm und $\gamma = 1{,}092$ tritt der Fall $l = 0$ für $v = 1{,}057$ m ein, für unverändertes Gewicht, aber verdoppeltes bezw. halbiertes f bei $v = 0{,}629$ m und bezw. 1,772 m. Bei einer in der Nähe von 1 m liegenden Luftgeschwindigkeit hört danach praktisch die Einwirkung des Schlotes auf die Kanalluft auf. —

Das zweite Glied in der Gleichung für l ist nur von sehr geringem Einfluß. Vernachlässigt man dasselbe, so treten bei unveränderter Größe f nur Vermehrungen von l ein, um bezw.:

2,0 %, 2,8 % und 4,1 %.

Die Veränderung, welche l erfährt, hält sich auch in ähnlich engen Grenzen, wenn selbst große Aenderungen am Querschnitt f des Schlotes stattfinden und man das entsprechend veränderte zweite Glied der Gleichung für l vernachlässigt. Eine Verdoppelung von f (und die entsprechende Veränderung von u) bringt nur folgende Vermehrungen von l hervor:

1,2 %, 1,7 % und 2,6 %,

während mit einer Verminderung von f auf $\frac{f}{2}$ folgende Verminderungen von l verbunden sind:

3,6 %, 4,3 % und 9,1 %.

Indem die üblichen Querschnitte von besonderen Aspirationsschloten im allgemeinen nicht viel von den Querschnitten, welche diesen Zahlen zu Grunde liegen (0,5 qm bezw. 1,0 qm und 0,25 qm), abweichen werden, erweisen die ermittelten Abweichungen, daß der Einfluß des zweiten Gliedes in der allgemeinen Gleichung für l so klein ist, daß man dieses Glied, ohne ein wesentlich unrichtiges Resultat zu erhalten, fortlassen kann. Geschieht dies, so bleibt als abgekürzte Gleichung:

$$l = h \frac{f_1^2}{\mu_1 u_1 \gamma_1} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 13)$$

Nach dieser Gleichung nimmt die Länge l in gleichem Verhältnis ab und zu als die Schlothöhe ab- und zunimmt, ändert sich aber im quadratischen Verhältnis mit der Geschwindigkeit v, d. h. mit der stärkeren Heizung des Schlotes. Eine Verdoppelung der Temperatur im Schlote vermehrt daher die beeinflußte Kanallänge l auf das Vierfache, wogegen eine Verminderung auf die Hälfte die Länge l auf den vierten Teil herabsetzt.

Danach muß eine gewollte starke Wirkung des Schlotes in erster Linie in verstärkter Heizung, in zweiter in Vermehrung der Schlothöhe und (nach dem, was

oben über den Einfluß von f nachgewiesen ist) erst in dritter Linie in einer Vergrößerung des Schlotquerschnittes erstrebt werden. Uebrigens wird auf diese und andere Seiten, welche die zweckmäßigste Anlage eines Aspirationsschlotes bietet, erst weiterhin, bei Vorführung der technischen Einrichtung einer Kanalisationsanlage, einzugehen sein. Hervorzuheben ist an dieser Stelle aber noch folgendes:

Nach der abgekürzten Gleichung für l übt auf diese Länge auch der Kanalquerschnitt einen besonderen Einfluß. Mit der Erweiterung des Querschnittes wächst die Länge l bedeutend, zahlenmäßig im Verhältnis von 2,828 : 1, wenn der Querschnitt f_1 auf $2f_1$ vergrößert wird. Dagegen hat die Verminderung des Querschnittes f_1 auf $\frac{f_1}{2}$ eine Verminderung der beeinflußten Kanallänge $\frac{1}{2{,}828} = 0{,}354$ zur Folge, d. h. auf etwa ein Drittel. Zur Lüftung enger Rohrkanäle erweisen sich daher Aspirationsschlote als relativ unvorteilhaft. —

Das oben berechnete Zahlenbeispiel ergiebt es — und die Beobachtungen von im Betriebe befindlichen Aspirationsschloten bestätigen den rechnerisch geführten Nachweis —, daß die Kanallängen, auf welche der Schlot seine Wirkung ausübt, außerordentlich wechseln. Unter Voraussetzung gleich starker Heizung ist die Wirkung des Schlotes in der kalten Jahreszeit am weitreichendsten. Mit höher werdenden Außentemperaturen nimmt die beeinflußte Kanallänge stark ab, um zur warmen Sommerszeit den Kleinstwert zu erreichen. Hier liegt eine offenbare Schattenseite der Anlage, indem der Lüftungszweck das Umgekehrte verlangt.

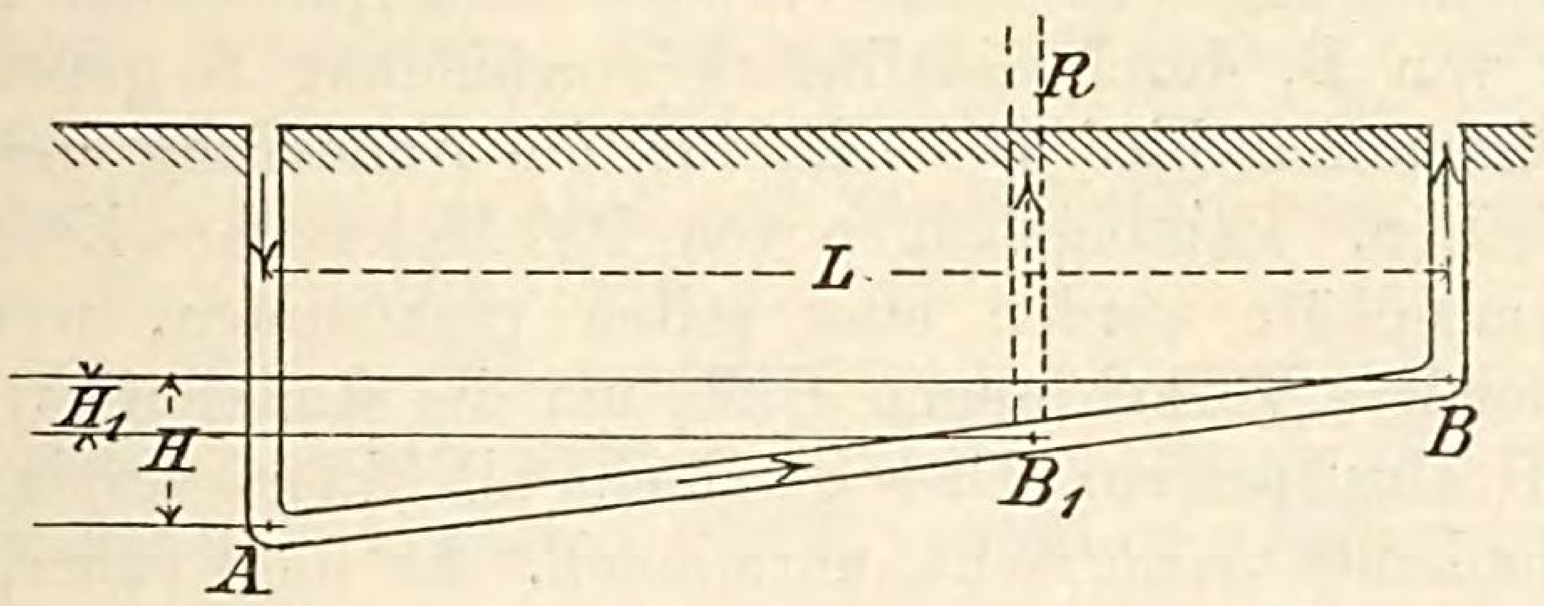
Ein anschauliches Maß für die Wechsel, denen die Schlotwirkung nach der Jahreszeit unterliegt, können die im obigen Beispiel ermittelten Zahlen gewähren. Wenn man die für kalte Winterszeit gefundene beeinflußte Kanallänge l von 1383 m $= 1$ setzt, so beträgt die für Mitteltemperaturen im Herbst und Frühling gefundene Länge von 957 m nur 0,69 und die für die warme Sommerszeit berechnete Länge von 659 m nur 0,48. In runden Zahlen handelt es sich also um Herabsetzung der beeinflußten Kanallängen auf zwei Drittel und bezw. die Hälfte.

Freilich lassen sich grobe Schwankungen wie diese, die in langen Zwischenräumen vor sich gehen, durch Anpassung der Heizstärke an die Außentemperatur wesentlich einengen, sogar durch Anwendung besonderer Sorgfalt im Heizbetriebe ganz beseitigen, da es nur der entsprechenden Vermehrung der Luftgeschwindigkeit im Schlote bedarf. Neben den Schwankungen, die sich zwischen längeren Zeitabständen ergeben, laufen aber solche zwischen kürzeren Zeitabschnitten (Wochen, Tagen, Stunden) her und diese Schwankungen können bei den oft weit auseinander liegenden Temperaturen jener Zeitabschnitte von derselben Größe und selbst größer sein, als die Schwankungen während längerer Perioden. Denn, was dieselben verursacht: die Raschheit, mit der sich Temperaturwechsel der Außenluft vollziehen, läßt sich der Heizbetrieb des Schlotes nur sehr unvollkommen anpassen. Man kann daher kaum anders, als den immerwährenden großen Wechsel in der Wirksamkeit eines Aspirationsschlotes — die durch Rechnung und unmittelbare Beobachtung nachweisbar sind — als unvermeidliches Uebel hinzunehmen. —

Die Anwendung der allgemeinen Gleichung für l auf den Fall, daß die Kanalluft durch eine in einer gewissen Höhe über Straßenfläche stehende Lockflamme angesaugt wird (s. Tabelle 4, S. 127), hat kaum Zweck. Denn bei den geringen Längen l, welche die Rechnung hier, vermöge der Kleinheit der Geschwindigkeit v, liefert, fallen die Abweichungen, die die Rechnung ergiebt, notwendig so groß aus, daß von dem Rechnungsergebnis auch nicht einmal ein annähernder Schluß auf die Wirklichkeit als erlaubt erscheinen kann.

§ 80. Die bisherigen Ermittelungen über die Luftbewegung in Röhren setzten stillschweigend wagrechte, oder doch eine von der wagrechten wenig abweichende Lage der Verbindung der beiden Schenkel der kommunizierenden Röhren voraus. Dies ist gleichbedeutend mit der Annahme, daß an den unteren Enden der beiden Schenkel Gleichheit der Barometerdrücke stattfindet. Wo dies nicht der Fall, wo das Verbindungsrohr der beiden Schenkel ansteigt, wie in Fig. 4 dargestellt ist,

Fig. 4.



kommt ein der Höhe H entsprechendes Mehr an Barometerdruck in Betracht, welches eine Luftbewegung in dem System hervorruft. Die Größe derselben ist leicht zu ermitteln.

Indem je etwa 10 Meter Höhenunterschied ein Mehr oder Minder von 1 Millimeter Höhe der Quecksilbersäule entspricht, beträgt für die Höhe H das Mehr oder Minder der Quecksilbersäulenhöhe 0,1 H (Millimeter), daher die wirkliche Höhe der letzteren:

$$760 \pm 0{,}1\, H.$$

Es entspricht dem die Aenderung des spezifischen Gewichts der Luft:

$$\frac{760 \pm 0{,}1\, H}{760}.$$

Wird $H = 1$ Meter, so vermehrt oder vermindert sich das spezifische Gewicht hiernach um:

$$0{,}0001361.$$

Die spezifischen Gewichte der Luft an den beiden Enden A und B des Röhrensystems verhalten sich demnach wie

$$1 \pm \frac{1{,}0000000}{1{,}0001361} = \begin{cases} 0{,}999868 \\ 0{,}000136 \end{cases}.$$

Die durch diesen Unterschied hervorgerufene Luftgeschwindigkeit ist abgesehen von den Bewegungswiderständen:

$$v = \sqrt{2 \,.\, 9{,}81\,(1 - 0{,}999868)} = 0{,}161 \text{ Meter},$$

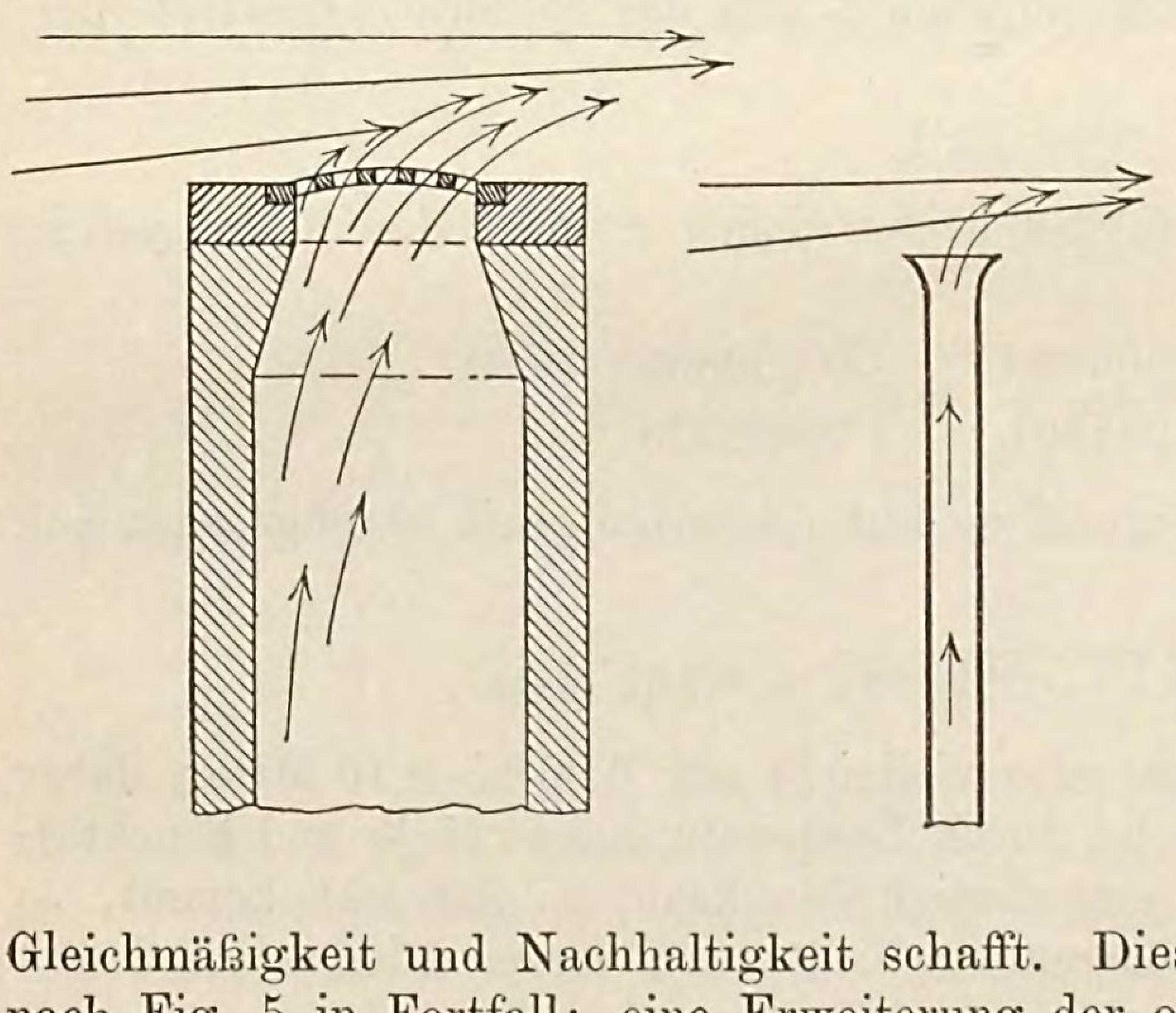
mit Berücksichtigung der Widerstände also vielleicht nur 0,05 bis 0,10 Meter, daher so gering, daß sie im Vergleich mit den durch Temperaturunterschiede und Feuchtigkeitsgehalt der Luft verursachten Geschwindigkeiten kaum in Betracht kommt, so lange es sich um den geringen Höhenunterschied von 1 Meter oder selbst 2 und 3 Meter handelt.

Wird nun das geringe Gefälle beachtet, welches sowohl bei häuslichen Anschlußleitungen als den Straßenkanälen einzuhalten ist, und die geringe Länge hinzugenommen, welche die häuslichen Anschlußleitungen in der Regel nur erreichen, so zeigt sich, daß der Höhenunterschied von nur 1 Meter, welcher der obigen Rechnung zu Grunde liegt, nur selten vorkommen wird, bei häuslichen Anschluß-

leitungen vielleicht vereinzelt, bei Straßenleitungen aber nur als Ausnahmefall. Denn wenn selbst bei letzteren unter besonderen Umständen streckenweise das Gefälle von $\frac{1}{100}$ stattfinden sollte, so würde der Höhenunterschied von 1 Meter schon eine Kanallänge von 100 Meter voraussetzen, auf welcher anderweite Verbindungen mit der freien Atmosphäre als an den beiden Enden nicht vorkommen dürften. Denn beständen solche — wie etwa die Zwischenverbindung R in Fig. 4 — so würde die Luftbewegung sich nicht bis zum Endpunkt B der Leitung fortsetzen, sondern der Weg von B_1 durch die Zwischenverbindung R genommen werden und dabei nur der Höhenunterschied $H - H_1$ für die Aenderung des Barometerdrucks in Wirksamkeit bleiben. Leitungslängen von 100 Meter ohne Zwischenverbindungen mit der freien Atmosphäre werden aber selten vorkommen, wenigstens da nicht, wo man nicht besondere Vorkehrungen trifft, um die Kanalluft von der Verbindung mit der freien Luft abzusperren. Dies geschieht allerdings vereinzelt, ist aber nach der Ansicht, welche heute vorherrscht, unrationell. Es folgt daher, daß bei der Luftbewegung in Kanälen, die zum Luftwechsel eingerichtet sind, den Barometerdruck-Unterschieden ein nennenswerter Einfluß nicht zukommt; doch ist bei den häufigen Schwankungen jenes Drucks ein Einfluß auf Geschwindigkeit und Richtung der Luftbewegung in Kanälen vorhanden. Auch bei plötzlichen „Stürzen" des Barometerdrucks, die nicht gerade selten sind, kann an einen größeren Einfluß sowohl auf die Richtung als auf die Größe der Luftbewegung gedacht werden. Hierbei handelt es sich aber um Ausnahmefälle, welche keiner Regel unterworfen sind.

§ 81. Außer durch Gewichtsunterschiede werden in Hohlräumen Bewegungen durch Luftströmungen (Wind) der freien Atmosphäre hervorgerufen, wenn dieselben entweder Zutritt zu den Hohlräumen erhalten oder über offene Endigungen derselben fortgehen. Die Fig. 5 und 6 veranschaulichen den Vorgang. Hat der Wind wagrechte oder aufsteigende Richtung (wie in den Figuren angenommen ist), so wird über den Endigungen eine Luftauflockerung erzeugt, welche die in den Hohlräumen befindliche Luft zum Aufsteigen veranlaßt; auch findet vermöge der Reibung Mitreißen der Luft statt, wenngleich letztere Wirkung wohl nur sehr gering anzuschlagen ist. Findet sich, wie in Fig. 5, unter der Endigung eine Erweiterung des Hohlraumes, so bildet diese gewissermaßen ein Luftreservoir, welches insofern förderlich für den Austritt der Luft ist, als es für denselben einen gewissen Grad von Gleichmäßigkeit und Nachhaltigkeit schafft. Diese Begünstigung kommt bei Röhren nach Fig. 5 in Fortfall; eine Erweiterung der obigen Endigung, wie in der Figur angegeben, wird immer zweckmäßig sein.

Fig. 5 u. 6.



Hat der Wind absteigende Richtung — wie es im Freien in der Regel stattfindet — so hindert derselbe den Austritt der Luft, treibt vielmehr Luft in die Hohlräume ein. Auch diese Wirkung des Windes kommt dem Luftwechsel in den Hohlräumen (Kanälen) zu statten.

Indem sonach jede mögliche Windrichtung den Luftwechsel begünstigt, ist es etwas zwecklos, die Endigungen von Röhren, wie sie hier in Rede stehen, mit besonderen Einrichtungen (Aufsätzen) zu versehen, welche den Zweck haben, schädliche Windströmungen abzuhalten. Nur Aufsätze von solcher Einrichtung, daß die Windwirkung verstärkt wird, können nützlich sein, und daneben, in dem Falle, daß es Absicht ist, die Luft immer nur in derselben Richtung durch die Rohre gehen zu lassen, auch solche, die für diesen Zweck schädlich wirkende Windströmungen abhalten, oder auch die Richtungen derselben so abändern, daß günstige Wirkungen entstehen. Desgleichen sind bewegliche Aufsätze verwendbar, die sich selbstthätig „gegen oder in den Wind anstellen". Ueber die Wirkung letzterer in einem besonderen Falle vergl. Strachan, Sewer Ventilation, Exc. Min. of Proceed. of the Inst. of Civ. Eng. London 1886.

Die Größe der hier in Rede stehenden Luftbewegungen entzieht sich der rechnerischen Verfolgung ganz; tägliche Beobachtungen und Untersuchungen, die in Kanälen selbst darüber angestellt sind, erweisen, daß jene bedeutend sein können.

§ 82. Endlich wird Bewegung der Luft in Kanälen und Röhren durch die Strömung des Wassers bewirkt, das in denselben fließt. Es handelt sich hierbei um ein durch die Reibung an der Berührungsfläche beider Flüssigkeiten bewirktes „Mitreißen" der Luft. In erster Linie wird diese Luftbewegung daher von der Strömungsgeschwindigkeit des Wassers, in zweiter von der Größe (Breite) der Berührungsfläche abhängen. Als dritter Faktor kommt noch das Verhältnis des „Luftquerschnitts" zum „Wasserquerschnitt" in Betracht, da die Reibungsgröße zwischen Wasser und Luft eine andere ist als die zwischen Luft und Luft. Indem letztere die geringere ist, wird mit der Höhe über Wasserspiegel die Geschwindigkeit der Luft — die man sich in dünnen Schichten übereinander gelagert denken kann — abnehmen, d. h. also die durchschnittliche Luftgeschwindigkeit um so kleiner sein, je größer das Verhältnis des Luftquerschnittes zum Wasserquerschnitt ist.

Bei heftiger Wasserströmung im Kanal geschieht das „Ansaugen" der Luft aus dem Freien mit großer Energie; es kann dabei Luft 3 bis 5 Meter tief und noch mehr aus dem Freien in den Kanal hinabgezogen werden. Jeder größere Regenfall bietet Gelegenheit, diese Thatsache an den Einsteigeschächten und sonstigen mehr oder weniger offenen Zugängen einer Entwässerungsleitung zu beobachten.

Die Erscheinung entzieht sich einer theoretischen Untersuchung; nur das direkte Experiment kann hier ein Resultat geben, für welches indessen bei der großen Verschiedenheit der bestimmenden Verhältnisse eine Verallgemeinerung wohl nicht gestattet ist.

Soyka hat einige Versuche*) in der Weise ausgeführt, daß er ein 34 mm weites, 1,4 m langes Rohr mit einer solchen Neigung auf Schraubenspitzen lagerte, daß das von oben stetig nachfließende Wasser an allen Stellen der Rohrlänge denselben, gleich großen Teil des Rohrquerschnitts füllte. Gleichzeitig wurde am obern Rohrende Rauch erzeugt, von dem ein Teil durch das Wasser angesaugt und mitgeführt wurde. Die Zeit vom Eintritt des Rauchs am obern bis zum Austritt am untern Ende ergab die Geschwindigkeit desselben. Letztere wechselte zwischen 39 und 45 % der Wassergeschwindigkeit, die ihrerseits zwischen Grenzwerten von 0,063 und 0,3289 m lag. Die Wasserfüllung des Rohrs betrug zwischen 6,6 und 24,2 % des Rohrquerschnitts.

Soyka begründet aus den gewonnenen Versuchsergebnissen die Vermutung, daß die durch die Wasserströmung im Kanal verursachte Luftgeschwindigkeit wohl

*) Soyka, Hygienische Tagesfragen I; Kritik der gegen die Schwemmkanalisation erhobenen Einwürfe. München 1889.

niemals über 50 % der Wassergeschwindigkeit hinausgehe, wahrscheinlich ziemlich weit unter derselben bleibe. Allerdings wurde nicht unterlassen, die Verschiedenheiten hervorzuheben, welche bei andern Profilformen als den bei den Versuchen benützten, bestehen müssen.

Verfasser teilt die von Soyka gezogene Vermutung nicht, weil es sich bei dessen Versuchen um Laboratoriums-Experimente handelt, deren Einrichtung sich viel zu weit von denjenigen Verhältnissen entfernt, welche bei unterirdischen Kanälen und Röhren mit ihren 50 bis 2000mal größeren Querschnitten bestehen. Hier spricht das Beharrungsvermögen — die lebendige Kraft — der bewegten Luft so bedeutend mit, daß bei nur einigermaßen lebhafter Wasserströmung im Kanal viel größere als die von Soyka gefundenen Luftgeschwindigkeiten entstehen. Ebenfalls will der unverhältnismäßig große Einfluß der Reibung am Rohrumfange beachtet sein, der bei einem so engen Versuchsrohr, als Soyka es benutzte, stattfindet. Auch mit der täglichen Erfahrung und mit den Leistungen der sogen. Strahlapparate, sowohl derjenigen, welche geschlossene (gepresste), als (drucklose) freie Wasserstrahlen zur Luftbewegung benutzen, lassen sich die von Soyka gefundenen Ergebnisse nicht wohl vereinigen.

§ 83. In unregelmäßiger Weise wird Luft in die Kanäle durch Regenrohre und oben offene häusliche Fallrohre eingeführt, wenn durch diese Regenwasser bezw. Schmutzwasser herabstürzt, desgleichen durch die Anschlußleitungen der Gullins, wenn diese ohne Wasserschlüsse sind. Dieser Vorgang hat Aehnlichkeit mit dem im voranstehenden Paragraphen besprochenen und ist ebenso wenig wie jener einer theoretischen Untersuchung zugänglich. Beobachtungen an Strahlapparaten sowie auch über das sogen. Leerziehen der Wasserschlüsse — auf welche Erscheinung erst später einzugehen ist — lehren aber, daß es sich auch hierbei um nicht unbedeutende Luftbewegungen handelt. Bei der Unregelmäßigkeit, mit welcher der Vorgang sich vollzieht, ist der Wert desselben für den Lüftungszweck der Kanäle allerdings nur ein beschränkter.

§ 84. Die Vielheit der Ursachen, welche Luftbewegungen hervorrufen, sowie die raschen Wechsel, welche in Bezug auf Richtung und Geschwindigkeit der Luftbewegung in Röhren und Kanälen stattfinden, endlich die — an mehreren Stellen hervorgehobene — Unmöglichkeit einer Einbeziehung dieser oder jener Ursache in die rechnerische Behandlung des Problems der Luftbewegung verhindern es, den Vorgang, wie er sich in Wirklichkeit vollzieht, auf rechnerischem Wege genauer zu verfolgen; es sind bloße, das Bild in seinen Hauptzügen gebende Annäherungen, welche der letztere Weg liefert. Ein einigermaßen genaues Ergebnis kann im Einzelfalle immer nur mittels direkter Beobachtung (anemometrische Messung) gewonnen werden. Aber bei der Mannigfaltigkeit der Verhältnisse sind auch die durch direkte Versuche gefundenen Resultate nur dazu geeignet, mit Vorsicht auf ähnliche Verhältnisse übertragen, nicht aber dazu, als allgemein gültige Unterlagen angesehen zu werden.

Von diesem Standpunkte der Betrachtung aus erscheint es als kein großer Mangel, daß die Anzahl der bekannt gegebenen bezüglichen Versuchsresultate bisher nur gering ist. Einiges, was der Oeffentlichkeit vorliegt, soll hier kurz mitgeteilt werden.

Lissauer fand, daß in dem Kanalnetz von Danzig im allgemeinen eine „absteigende“ — mit dem Wasserstrom gehende — Luftströmung stattfindet.

v. Roszahegyi kam durch Versuche, die in der Sommerzeit in einigen Münchener besteigbaren Kanälen ausgeführt wurden, zu folgenden Ergebnissen:

1. Die Luftbewegung in den Kanälen ist viel öfter „absteigend“ als aufsteigend. Auf-

steigende — gegen den Wasserstrom gehende — Luftströmungen kommen selten vor und sind auf kurze Strecken beschränkt.

2. In tief liegenden Kanälen ist die Luftgeschwindigkeit größer als in flach liegenden.

3. Durch Anschlüsse von — offenen — Gully- und Hausleitungen findet öfter eine aus- als eine eingehende Luftbewegung statt. Liegen zwei solche Anschlüsse nahe bei einander, so kann zwischen beiden ein Austausch der Luft stattfinden.

4. Die vorwaltende absteigende Bewegung der Kanalluft scheint lediglich durch die Wasserströmung im Kanal bewirkt zu werden. Die an der Erdoberfläche herrschende Windrichtung übt keinen merklichen Einfluß auf Richtung und Geschwindigkeit der Luftbewegung im darunter liegenden Kanal aus.

Soyka hat die Versuche Roszahegyis zur Winterszeit wiederholt und auch für diese Jahreszeit die Ergebnisse, zu welchen letzterer gelangte, im wesentlichen bestätigt gefunden. Es zeigte sich aber, daß in einem und demselben Profil die Luftgeschwindigkeiten an verschiedenen Stellen große Ungleichheiten aufweisen, daß sogar Umkehrungen der Bewegungsrichtungen unmittelbar nebeneinander stattfinden, daß auch in zwei nahe bei einander liegenden Profilen große Unterschiede herrschen können und Wechsel sich sowohl oft als rasch vollziehen.

Alle diese, durch Beobachtung gefundenen Ergebnisse haben nichts Befremdliches an sich, konnten vielmehr, nach den Darlegungen über die Luftbewegung, welche vorangestellt sind, zum voraus vermutet werden.

Fig. 7.

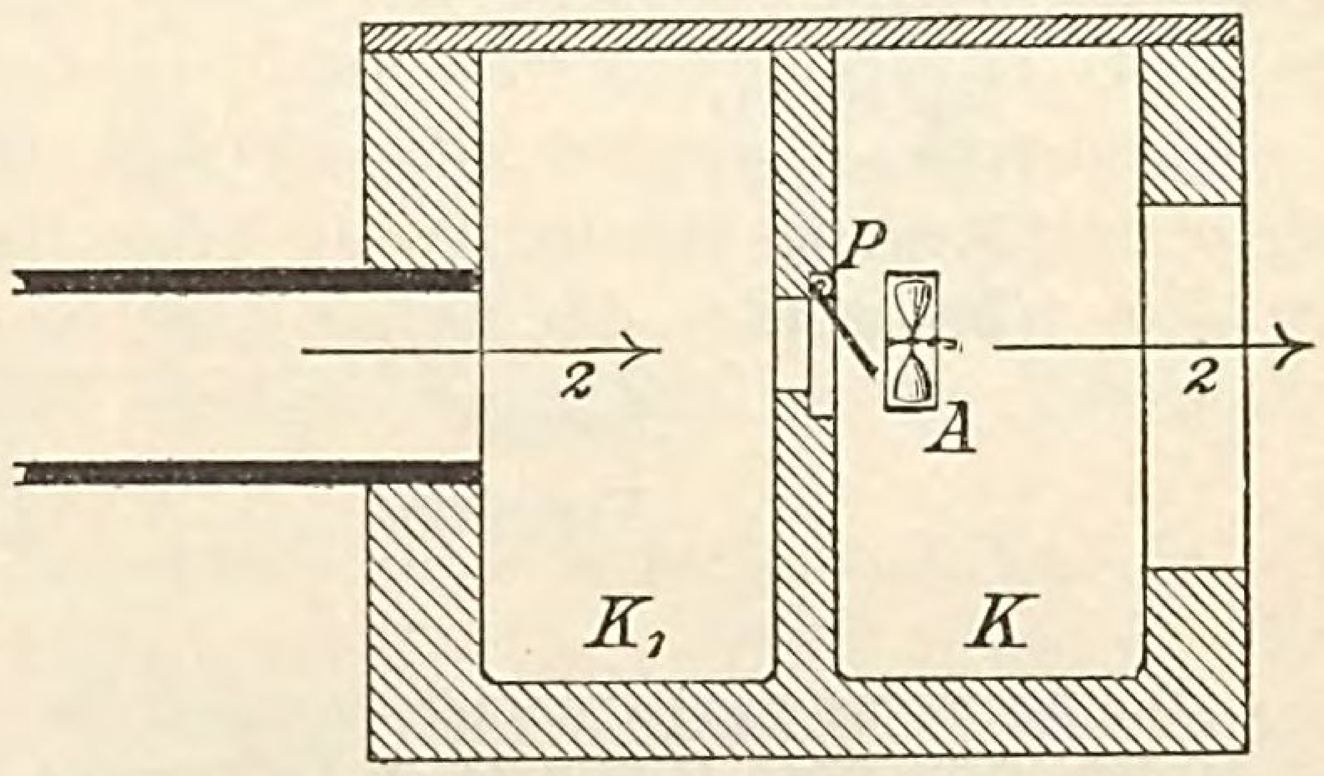
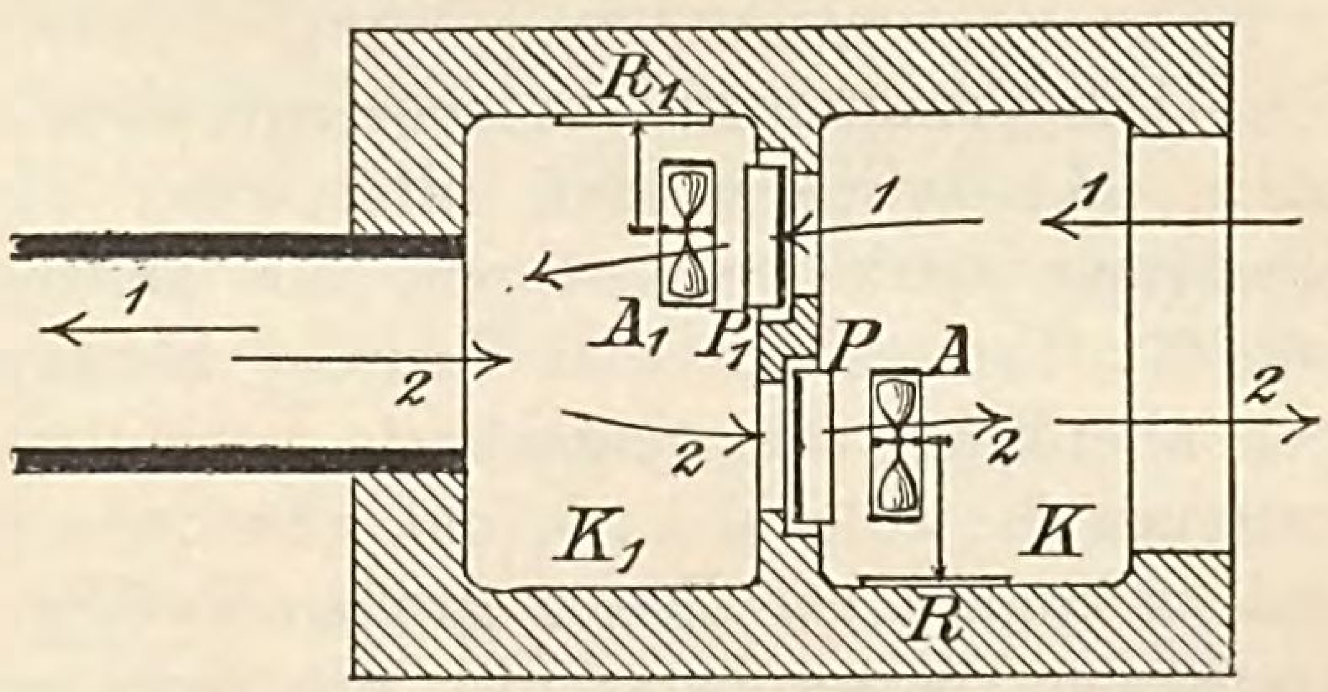


Fig. 8.



Im übrigen geben die Versuche Roszahegyis und Soykas aus zwei Gründen kein klares Bild der Vorgänge, weil bei den Anemometermessungen in den großen Profilen der untersuchten besteigbaren Kanäle immer nur ein einziges (anstatt gleichzeitig mehrerer) Anemometer benutzt ward und die Experimentatoren sich während der Beobachtungen in den Kanälen selbst aufhielten. Die hierbei stattfindenden Wärmeabstrahlungen und Profilverengerungen mußten das Bild der Vorgänge notwendig bedeutend ändern. Anders auch als in besteigbaren Kanälen wird sich der Vorgang in engen Röhrenkanälen abspielen. Soyka hat den Versuch unternommen, die Beobachtungsergebnisse rechnerisch — sogar unter Berücksichtigung der Reibungswiderstände — zu kontrollieren. Es ist klar, daß dabei so bedeutende Inkonsequenzen zu Tage treten müssen, daß eine solche Kontrolle als bedeutungslos erscheint. Das Genaue über die Soykaschen Arbeiten ist in Soyka, Hygienische Tagesfragen I; Kritik der gegen die Schwemmkanalisation erhobenen Einwände, München 1889, nachzulesen.

Mehr einwandfrei als die bisher erwähnten Versuche sind solche, die von Crimp zu Wimbledon*) angestellt wurden; freilich bezogen sich dieselben nur auf eine einzige Leitung. Doch war das eine 570 Meter lange und 30 Centimeter weite

*) Crimp, Experiments on the movement of sewer air at Wimbledon. Transact. of the Instit. of Civ. Engineers. London 1889.

Röhrenleitung mit dem außergewöhnlichen, zwischen 1 : 28 und 1 : 9 wechselnden Gefälle.

Am untern Ende der Röhrenleitung wurde eine Doppelkammer (K und K_1), Fig. 7 u. 8, eingebaut, in deren Trennungswand Crimp zwei Klappenventile (A und A_1) aus Marienglas anordnete; eines der Ventile öffnete gegen die Leitung, das zweite nach der Auslaßseite. Vor den Klappen waren Anemometer (P und P_1) angebracht, deren Bewegung auf Papierstreifen (K und K_1) selbstthätig registriert ward. Jedes Ventil mit Anemometer war daher einer der beiden Bewegungsrichtungen (1 absteigender, 2 aufsteigender) dienstbar. Die Einrichtung blieb ein volles Jahr hindurch in Thätigkeit und lieferte die in nachstehender Tabelle verzeichneten Ergebnisse:

Monat	Richtung		In beiden Richtungen Tage
	aufsteigend Tage	absteigend Tage	
Januar	13	12	8
Februar	19	29	19
März	13	27	11
April	19	30	19
Mai	11	26	11
Juni	3	27	3
Juli	2	28	2
August	4	27	4
September	5	20	5
Oktober	3	12	1
November	5	26	5
Dezember	—	9	—
Summa	97	273	88
Verhältnis	1,10	3,10	1,00

Die Anemometerangaben lieferten auch die Unterlagen für eine ungefähre Berechnung der in den beiden Richtungen fortbewegten Luftmengen. Sie verteilten sich zu etwa 40 % auf die aufsteigende und zu etwa 60 % auf die absteigende Richtung.

Die Crimpschen Versuchsergebnisse sind nach mehreren Richtungen hin lehrreich. Sie beweisen, daß selbst unter Verhältnissen, welche die aufsteigende Luftbewegung stark begünstigen, die absteigende Bewegung, was ihre Häufigkeit betrifft, bei weitem den Vorrang behauptet, wogegen in Bezug auf die Mengen sich allerdings das umgekehrte Verhältnis ergab. Das Gefälle der Leitung betrug zwischen 1 : 28 und 1 : 9, das absolute Gefälle daher jedenfalls mehr als 20 Meter, und es konnte bei diesem großen Gefälle die dauernde Wasserführung des Kanals, das ist der Wasserquerschnitt, nur recht gering sein. — Die aufsteigende Richtung ist nur in der kalten Jahreszeit von einiger Bedeutung, während sie in den wärmeren und warmen Monaten ganz zurücktritt. Aber auch in der kalten Jahreszeit findet nach den Zahlen in Spalte 4 der Tabelle noch häufig absteigende Luftbewegung statt. In der wärmeren und warmen Jahreszeit herrscht die absteigende Bewegung vor, neben welcher sich nur eine geringe Zahl von Fällen aufsteigender Bewegung einstellt. Aus diesen Verhältnissen muß geschlossen werden, daß die von Barometerdruckverschiedenheiten — die an den beiden Enden der Leitung bestehen — herrührenden Wirkungen ganz untergeordnete sind, ein Ergebnis, welches S. 133 bereits rechnerisch begründet ward, und daß als bewegende Ursachen fast nur die Gewichtsunterschiede der Luft, die Wasserströmungen der Leitung und Windströmungen an der Oberfläche übrig bleiben.

In Uebereinstimmung mit allem, was oben dargelegt worden ist, darf man diese Schlußfolgerung wohl als eine in häufigen Fällen zutreffende ansehen.

§ 85. Unter den drei Faktoren kommt der Wasserströmung im Kanal die meiste Beständigkeit zu; ihr Einfluß ist der immer thätige, wenn auch unter Schwankungen in Bezug auf ein Mehr oder Weniger der Thätigkeit; die Wasserströmung wirkt immer nur im Sinne einer absteigenden Luftbewegung. Als zweiter Faktor, der im allgemeinen nur in längeren Perioden größere Schwankungen erleidet, folgt das Gewicht der Luft, das beides, sowohl eine ab- als aufsteigende Luftbewegung in den Kanälen hervorrufen kann. Welche davon eintritt, hängt von der Jahreszeit und von der Lage der Verbindungen des Kanalinnern mit der freien Atmosphäre ab (vergl. Tab. S. 126). Der dritte, vollständig regellos wirkende Faktor ist die Windströmung an der Oberfläche; ihrer Wirkung insbesondere ist die Häufigkeit der Wechsel, die sowohl in der Stärke als in den Richtungen der Luftbewegung in Kanälen stattfindet, zuzuschreiben.

Es ist demnach, wenigstens in freien Lagen, ausgeschlossen, daß die Luftbewegung in Straßenkanälen selbst nur einen mäßigen Grad von Regelmäßigkeit aufweisen werde. Richtung und Stärke derselben werden beständigen Wechseln unterliegen und es wäre fruchtloses Bemühen, sich zum voraus ein etwas genaueres Bild davon verschaffen zu wollen. Indessen tritt die Bedeutung dieser Aufgabe vollständig zurück gegen die andre, Sicherheit dafür zu schaffen, daß überhaupt Luftwechsel in den Kanälen stattfindet. Dazu wirken alle drei in Rede befindlichen Faktoren, jeder an seinem Teile, mit, und die vereinigte Wirkung ist so groß, daß unter günstigen Verhältnissen ein sehr bedeutender Luftwechsel in den Kanälen stattfindet, und unter ungünstigen noch immer ein solcher, der nicht als gering bezeichnet werden darf; die Zahlen in den letzten Spalten der Tabelle auf S. 126 geben hierüber genauere Auskunft.

Wenn die Technik keine völlige Herrschaft über den Luftwechsel in den Kanälen besitzt, so ist doch ein gewisser Grad davon in ihre Hand gegeben. Zunächst kann sie auf die Wasserströmung im Kanal regelnd wirken, weiter jedoch und in viel höherem Grade, durch zweckmäßige Lage und Ausgestaltung der häuslichen Fallrohre und endlich durch künstliche Aspirationseinrichtungen, die sowohl im Innern der Gebäude als im Freien geschaffen werden können. Die Art und Weise der technischen Vorkehrungen gehört erst dem 2. Teil des Buches an. Die Aufgabe dieses 1. Teils glaubt Verfasser in dem, was im vorstehenden über die Luftbewegung in Kanälen beigebracht wurde, so vollständig, als es dem Zwecke des Buches entspricht, behandelt zu haben.

3. Kapitel.

Gesundheitliche Wirkungen der Luft anormaler Beschaffenheit.

§ 86. Allgemeine gesundheitliche Wirkungen. Sowohl die Luftbeschaffenheit im Freien als die der geschlossenen Räume ist in hohem Grade von dem Reinlichkeitszustande in der Umgebung der Wohnstätten und im Innern derselben abhängig. Gewöhnlich wird als Ursache von Luftverunreinigungen im Freien der Rauch aus häuslichen Feuerungen und Fabrikschornsteinen angesehen, nicht ganz mit Recht, weil neben den Luftverunreinigungen, die durch Rauch entstehen,

andre sehr bedeutende den Ausdünstungen der mit Faulstoffen beladenen oberen Bodenschicht entstammen. Da mit Regenfällen die Luft „ausgewaschen“ wird, gelangt in diese Schicht aber auch ein großer Teil der mit dem Rauch in die Luft entsendeten verunreinigenden Stoffe. Das ist eine Thatsache, durch welche die Bedeutung der Aufgabe der Reinhaltung des Bodens noch vergrößert wird.

Nahe über Bodenoberfläche, bezw. über Fußboden in geschlossenen Räumen, wird die Luft in der Regel die ungünstigste Beschaffenheit aufweisen. Es sind daher Kinder den Einflüssen derselben mehr unterworfen als Erwachsene. Entsprechend werden als Entnahmestellen von Luft für Ventilationszwecke die untersten Luftschichten nicht gern benutzt, und da anderseits wegen der Verunreinigungen durch Rauch die etwa in Haushöhe befindlichen Luftschichten ebenfalls von schlechter Beschaffenheit sind, so werden die für Entnahme der Luft für Ventilationszwecke am besten geeigneten Stellen in der Regel in Höhen, die zwischen Bodenoberfläche und Gebäudehöhe liegen, anzutreffen sein.

Das tägliche Einatmen verunreinigter, staubhaltiger, mit organischen Stoffen beladener, durch den Geruchssinn wahrnehmbarer Luft bringt — besonders wenn sich noch Mangel direkten Sonnenlichtes hinzugesellt — allgemeine Körperschlaffheit und Verminderung der Widerstandskraft des Organismus hervor, und Folgezustände, wie Blutmangel, Bleichsucht, Skrophulose. Es begünstigt allgemeine Krankheitszustände der Atmungsorgane und disponiert für Infektionskrankheiten hierher gehöriger Art, insbesondere Lungenentzündung und Tuberkulose, deren Ansteckungsgefahr in der verdorbenen Luft geschlossener Räume viel größer als in der — reineren — Luft des Freien ist.

Ein großer Einfluß kommt bei den gesundheitlichen Wirkungen verunreinigter Luft dem Feuchtigkeitsgehalt derselben zu. Doch ist man bisher nicht zu einer näheren Kenntnis desjenigen Feuchtigkeitszustandes der Luft gelangt, bei welchem von einem spezifisch ungünstigen Einfluß gesprochen werden kann. Vermutlich wird diese Frage auch kaum je gelöst werden, weil Alter, Anpassung, Ernährung, Kleidung, Thätigkeit, Licht, Temperatur und Ort mitwirken.

Sogen. trockne Luft, d. h. solche, deren Feuchtigkeit beträchtlich, vielleicht 60 bis 80 % unter dem Sättigungszustande liegt, wirkt stark wasserentziehend auf die Haut und die Schleimhäute der Luftwege.

Bei nicht zu hoher Trockenheit und unbewegter Luft wird die Lust zu körperlicher und geistiger Thätigkeit vermehrt; im andern Falle tritt aber das Gegenteil, Erschlaffung ein. Lufttrockenheit mit niedriger, doch häufigem Wechsel unterworfener Temperatur begünstigt Entzündungskrankheiten der Atmungsorgane, darunter Croup. Mit dem Staube trockener Luft wird der Bazillus der Tuberkulose aus dem Sputum Kranker verbreitet.

Hoher Feuchtigkeitsgehalt der Luft vermindert die Wasserabscheidung durch die Haut, hindert die Verdunstung auf derselben, so daß die Feuchtigkeit Tropfen bildet, ruft dadurch das Gefühl der Beengung hervor und gibt Anlaß zu Erkältungskrankheiten. Luftfeuchtigkeit mit niederer Temperatur vereinigt ist aber, wenn auch das Gefühl der Kälte steigernd, verhältnismäßig leicht zu ertragen, während hohe Luftfeuchtigkeit und gleichzeitig hohe Temperatur wegen ihrer Behinderung der Transpiration — und dadurch verhinderten Entwärmung des Körpers — unerträglich „drückend“ wirken kann.

Im Freien stumpfen sich die vorstehend erwähnten Wirkungen der Luftfeuchtigkeit stark ab; dieselben treten in geschlossenen Räumen am merkbarsten auf. In letzteren hat aber hohe Feuchtigkeit der Luft noch viel weiter reichende Folgen als die erwähnten. Hier werden — besonders wenn sich Lichtmangel hinzugesellt — die ungünstigen gesundheitlichen Wirkungen vervielfacht und ihre Intensitäten gesteigert.

Denn Feuchtigkeit ist das hauptsächlichste Lebenselement der meisten Krankheitserreger, und sie schafft auch, indem sie an Mauern, Wänden, Fußböden, in Stoffen, Kleidung und auf den Nahrungsmitteln niedergeschlagen wird, den geeigneten Nährboden für das gesamte niedere Leben. Sie ruft dadurch insbesondere die Vegetation von Schimmelpilzen hervor, durch deren Wiederverstaubung die Luft dauernd übelriechend — muffig — gemacht wird; insbesondere gilt dies von Räumen mit mangelhafter Beleuchtung.

Wenn in solchen Räumen auch nur mäßige Temperatur herrscht, so findet der Hausschwamm einen günstigen Boden für seine Entwickelung. Ist derselbe auch nicht geeignet, unmittelbar gesundheitliche Gefahren hervorzurufen, so sind seine mittelbaren Wirkungen — insofern er die schon vorhandene Feuchtigkeit noch vermehrt — doch sehr große, und es gesellen sich denselben die nicht minder großen Schäden hinzu, welche der Hausschwamm durch die rasche und vollständige Zerstörung infizierter Bauteile anrichtet.

Während trockene Luft den allgemeinen Reinlichkeitszustand des Hauses hebt, zieht feuchte Luft denselben herab. Das feuchte Haus ist darum immer gleichzeitig auch schmutzig, wodurch den speziellen Gesundheitsschädigungen der Feuchtigkeit neue von allgemeiner Natur hinzugefügt werden.

§ 87. Spezifische gesundheitliche Wirkungen der Luft: die sogen. Kanalgastheorie. Schon an früherer Stelle (S. 46) ist im Vorbeigehen die sogen. Kanalgastheorie erwähnt worden, welche, in England entstanden, eine gewisse Verbreitung auch anderwärts gefunden hat, heute aber mehr und mehr aufgegeben wird. Die Auffassungen der Kanalgastheorie sind von unmittelbarem Einfluß auf mehrere technische Einzelheiten der Kanalisationseinrichtungen.

Die Kanalgastheorie nimmt an, daß in den Straßenkanälen Gase entstehen und von dort aus verbreitet werden, welche eine Anzahl der sogen. Infektionskrankheiten hervorrufen. Dahin gehören: Durchfall, Digestionen, Typhus, Cholera, Diphtherie, Lungenentzündung, Scharlach und vielleicht noch andre. Fälle von Wundrose, Hospitalbrand und Puerperalfieber sollen in Häusern, in die Kanalgase eindringen können, schwerer verlaufen als sonstwo. Insbesondere ist es der Typhus, dessen unmittelbare Entstehung auf das Konto der Kanalgase gesetzt wird.

Diese in England alteingebürgerte Auffassung konnte gegen Anzweifelungen so lange Stand halten, als die wirklichen Entstehungsursachen der Infektionskrankheiten im Dunkel lagen. Hatte Soyka auch bereits 1881 in statistischen Untersuchungen den Beweis geliefert, daß in kanalisierten Städten, was die Häufigkeit von Infektionskrankheiten betrifft, bis dahin keine ungünstigeren Zustände herrschten, als in nicht kanalisierten, unter ersteren sich vielmehr eine Anzahl in günstigeren Verhältnissen befand als unter letzteren, so war damit die Macht der Kanalgastheorie doch nicht gebrochen, weil man gegen die Soykaschen Schlussfolgerungen den Einwand erheben konnte, daß sie im Vergleich zu der Dauer der englischen Beobachtungen auf Beobachtungen von noch zu kurzer Dauer beruhten. Außerdem waren in jener Zeit auch die Vorstellungen von den „Miasmen“ und ihren besonderen gesundheitlichen Wirkungen selbst bei denjenigen Hygienikern, die der Kanalgastheorie nur eine beschränkte Geltung zugestanden, noch viel zu feste, als daß der erhobene Widerspruch sich zu allgemeinerer Anerkennung hätte durchringen können.

Dieser Erfolg ward erst den seitdem gewonnenen sicheren Feststellungen über die Natur der Infektionskrankheiten: das für die Entstehung derselben unerläßliche Vorhandensein infektionstüchtiger Erreger und die Bedingungen, an welche die Lebens- und Infektionsfähigkeit der Erreger gebunden ist, zu teil. Außerdem hat

sich seit dem Anfang der 80er Jahre die Dauer der statistischen Beobachtungen um etwa 15 Jahre verlängert und daneben, nach Anlage zahlreicher neuer Kanalisationen, die Gelegenheit zur Vervollständigung der Statistik auch erheblich erweitert. Während man alledem, was früher zum Erweise der Unhaltbarkeit der Kanalgastheorie beigebracht werden konnte, nur einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit beilegen mochte, wird man heute unter der vereinigten Wirkung des Fortschritts der Erkenntnis und der Bewahrheitung derselben durch die Erfahrung sich der bedingungslosen Anerkennung der Berechtigung des Widerspruchs gegen die Kanalgastheorie nicht länger verschließen können.

Wo darum heute unter Berufung auf bestimmte Fälle die Kanalgastheorie noch mit dem Anspruch auf das Anerkenntnis ihrer Richtigkeit auftritt, wird sich zeigen lassen, daß entweder in der Beobachtung der Fälle Lücken vorhanden sind, die für anderweite Erklärungen Raum gewähren, oder Beobachtungsfehler vorliegen, die zu anderweiten Erklärungen zwingen, oder endlich es sich um Ausnahmefälle handelt, die als solche nur die Regel bestätigen. Zu letzterer Alternative sei bemerkt, daß insbesondere an grobe Mängel in der Bauweise der Kanäle oder im Betriebe derselben gedacht ist, wobei die Kanäle dasjenige nicht leisten, was sie bei guter Ausführung und sorgfältigem Betriebe leisten können, gegebenenfalls anstatt nützlich sogar schädlich wirken. Auf derartige Zustände ist bereits S. 9 hingewiesen worden.

Es handelt sich in der Kanalgastheorie, sowohl was ihre Behauptung, als was ihre Grundlagen betrifft, nicht nur um einen einzigen Irrtum, sondern es laufen in derselben mehrere Unrichtigkeiten zusammen. Doch muß, um Mißdeutungen vorzubeugen, festgestellt werden, daß der Inhalt der Theorie nicht ein fest umschriebenes Ganzes ist, vielmehr aus Teilen besteht, die voneinander unabhängig sein können, daher etwas Schwankendes ist, so daß die Theorie von dem einen weit und daneben streng, von einem andern eng und locker aufgefaßt werden kann.

Unter dieser Bevorwortung wird mitgeteilt, daß die Kanalgastheorie ihre Behauptung der Hervorrufung einer Reihe von Infektionskrankheiten etwa auf folgenden Anschauungen aufbaut:

a) Der Sitz der besonderen Schädlichkeit liegt in den Straßenkanälen; die Hauskanäle (Röhren) sind dabei nur insoweit beteiligt, als sie dem schädigenden „Etwas“ einen Weg bieten, auf dem dasselbe zum Menschen gelangt.

b) Die „Krankheitserreger“ oder die „Stoffe“, an welche statt ihrer gedacht wird, nehmen entweder ihren Ursprung in den Straßenkanälen, oder, wenn dies etwa nicht der Fall ist, so finden sie doch in diesen günstige Bedingungen für ihre Entwickelung bezw. Erhaltung.

c) Die Erreger oder Stoffe können aus den Schmutzstoffen losgelöst, bezw. frei werden und auf dem Wege der Luft in die menschliche Nähe gelangen.

Die Annahme zu a) ist bei guten Anlagen unzutreffend. Dieselbe setzt voraus, daß die Straßenkanäle den Ort für Ablagerung von Schmutzstoffen bilden, während die Hauskanäle rein oder doch erheblich reiner als die Straßenkanäle bleiben. Nun ist aber die Wasserführung der Straßenkanäle eine viel mehr geregelte als die der Hauskanäle, welche die Schmutzwasser gewöhnlich nur stoßweise zugeführt erhalten, und deren Querschnitte etc. auch den Abflußmengen weniger gut angepaßt werden können, als es bei den Straßenkanälen möglich ist; zudem sind auch die Straßenkanäle besser zugänglich als große Teile der Hauskanäle. Endlich: in der Regel wird wohl der in den Händen der städtischen Behörde liegende Betrieb der Straßenkanäle schon wegen seiner einheitlichen Behandlung ein mehr sorgfältiger sein, als der Betrieb der Hauskanäle, deren Beschaffenheit durchaus von dem guten Willen und der Sorgfalt von Hunderten oder Tausenden von Grundstückseigentümern bezw. deren Angehörigen abhängig ist.

Das, was aus den bezüglichen Verhältnissen einfach gefolgert werden kann, wird durch die häufigen Wahrnehmungen bestätigt: der Reinheitszustand der Straßenkanäle ist durchgängig ein besserer als der der Hauskanäle, woraus folgt, daß die Auffassung der Kanalgastheorie unrichtig, in jedem Falle einseitig ist.

Zu b) Die Erreger der Infektionskrankheiten sind nicht Stoffe im chemischen Sinne, sondern organisierte Wesen; eine „Urzeugung" belebter Wesen besteht nicht. Die Krankheitserreger können daher ihren Ursprung auch nicht in Kanälen nehmen, sondern müssen, um dort vorkommen zu können, von außen hineingetragen sein. Die Erreger sind auch nicht Erzeugnisse der Krankheiten, sondern umgekehrt Erzeuger derselben, und können daher nur den Abgängen erkrankter Personen entstammen. Sie finden aus mehreren Gründen außerhalb des befallenen Körpers keine günstigen Existenzbedingungen. Hierher gehört insbesondere ihr Gebundensein an enge Temperaturgrenzen und dazu an solche Temperaturen, mit denen diejenige, die in Kanälen herrscht, wenig übereinstimmt. Ferner fehlt ihnen, in Schmutzteile eingeschlossen, der Sauerstoff, und endlich leiden die Erreger unter der übergroßen Konkurrenz der nichtpathogenen Mikroben, welche sich in meist wohl unzählbaren Mengen in den Kanalwässern finden; von diesen werden sie rasch überwuchert und gehen zu Grunde. Aber wenn die Erreger unter solch ungünstigen äußeren Verhältnissen auch während längerer Zeit ihr Dasein in Kanälen fristen sollten, so lehren doch die bisherigen Feststellungen, daß sie dort die Fähigkeit zur Vermehrung nicht besitzen, und ferner, daß sie nach einer gewissen Zeit auch ihre Fähigkeit zu schaden, die Virulenz, einbüßen. Bezüglich der Dauer der Erhaltung der Infektionserreger außerhalb des befallenen Körpers, wie auch über die Dauer, während welcher sie ihre Virulenz bewahren, sind freilich die bisherigen Ermittelungen nicht zu dem Grade völliger Sicherheit vorgedrungen. Hier finden große Wechsel nach den verschiedenen Arten der Erreger statt; es muß bei einzelnen Arten, z. B. auch dem Erreger des Typhus, mit sehr langer Dauer — vielleicht Monaten — gerechnet werden. Immerhin kann sich dies bei dem im allgemeinen raschen Zugrundegehen und der Unmöglichkeit der Vermehrung nur auf einzelne Exemplare, niemals auf Massen beziehen, so daß die Gefahr der Infektion von solchen Stellen aus praktisch gleich Null oder doch nur in sehr geringem Umfange vorhanden ist.

Zu c) Die Möglichkeit, daß die in Wasser eingeschlossenen Erreger frei werden und in die Luft übergehen könnten, ist auf den einen Fall beschränkt, daß sie bei Verspritzungen des Wassers frei werden; bei der Verdunstung geschieht dies nach sicheren Feststellungen mehrerer Hygieniker — besonders v. Nägelis — nicht. Es bliebe alsdann noch die andre Möglichkeit bestehen, daß die Erreger aus Schmutzteilen, die auf der Kanalsohle liegen oder an den Kanalwänden kleben, losgelöst werden, sei es, daß die Schmutzteile angerührt werden, sei es, daß die Loslösung durch Luftströmungen bewirkt wird. Es ersieht sich, daß es sich bei den angegebenen Möglichkeiten der Loslösung durch Verspritzung und Berührung um bloße Ausnahmefälle handelt und was das Freiwerden durch Windströmungen betrifft, so ist bereits auf S. 116 angeführt worden, daß auch hierbei nur ein wenig wahrscheinlicher Fall in Frage steht. Schmutzteile, die sich auf der Sohle oder an höheren Teilen der Kanalwand finden, werden bei dem hohen Feuchtigkeitsgehalt, den die Kanalluft dauernd besitzt, wohl immer so viel Klebekraft besitzen, daß zum Loslösen von Mikroben aus denselben Windstärken gehören, die in Kanälen schwerlich vorkommen können.

Aber selbst diese Möglichkeit, sowie das Freiwerden von Mikroben bei Wasserverspritzung zugegeben, so bleibt für die Verbreitung derselben auf größere Ent-

fernungen immer noch die Thatsache bestehen, daß sie mit den Schmutzteilen, an denen sie haften, bald wieder zu Boden sinken. Jedenfalls ist es ausgeschlossen, daß sie bei den geringen Geschwindigkeiten von einigen Metern, wie sie in Kanälen stattfinden, auch nur zu einiger Höhe empor geführt werden.

Haben von Kanälen aus Infektionen stattgefunden — und die Möglichkeit dazu ist ja keineswegs in Abrede zu stellen, wenn auch die Wahrscheinlichkeit dafür sehr gering ist — so darf dabei nicht leicht an die Luft als Zwischenträger gedacht werden, sondern eher an eine Mitwirkung des Trinkwassers oder sonstiger Zwischenträger. Bei der oft sehr nahen Berührung, welche zwischen Kanalisations- und Wasserleitung stattfindet, giebt es Fälle, in denen ein Uebertreten pathogener Mikroben in das Trinkwasser in Betracht gezogen werden muß. Desgleichen Verschleppung von Keimen an den Kleidern oder Geräten von Arbeitern, welche mit Kanalisationswerken in engere Berührung traten. Diese und anderweite Möglichkeiten werden von den Vertretern der Kanalgastheorie und solchen, die eine Verbreitung von Infektionskrankheiten mit „Miasmen" annehmen, in der Regel beiseite gelassen.

Den vorstehend angegebenen — negativen — Beweisen gegen die Richtigkeit der Kanalgastheorie gesellen sich weitere Beweise hinzu. Mit Recht würde man fordern dürfen, daß die Vertreter jener Theorie den Nachweis vom Vorhandensein von Krankheitserregern in der Kanalluft führen. Dieser Nachweis ist bei vielen Versuchen, welche bisher angestellt worden sind, noch nicht erbracht worden. Es ist nur ein einziger bezüglicher Fall bekannt, ein Befund von Uffelmann, durch den in Kanalluft die Gegenwart von Eiterkokken — die auch schon in der Luft von Krankenräumen gefunden worden sind — (S. 115) nachgewiesen ward. Weder Typhus- noch Cholera- noch andere Krankheitserreger hat man in Kanalluft nachweisen können, vielmehr nur die Gegenwart von einzelnen Mikrobenarten, die nicht unter die pathogenen rechnen. Und im allgemeinen haben alle bisherigen Untersuchungen eine unvermutet geringe Menge mikroskopischen Lebens in der Kanalluft ergeben. Ueberhaupt kann bei ausgiebigem Luftwechsel, der bei zweckmäßigen Einrichtungen in den Kanälen stattfindet, von einer spezifischen Beschaffenheit der Kanalluft nicht die Rede sein (vergl. hierzu die S. 132 ff. beigebrachten Rechnungsnachweise).

Ferner: Es werden seit vielen Jahren die besteigbaren Straßenkanäle von zahlreichen Arbeitern, die im Betriebe derselben und bei Reparaturen thätig sind, nicht nur auf kurze Zeit, sondern tagein, tagaus, das ganze Jahr hindurch betreten. Kämen im Wasser, oder im Schmutz, oder in der Luft der Kanäle auch nur selten Keime pathogener Mikroben vor, so müßten unter diesen, jedenfalls stark gefährdeten Arbeitern Fälle von Infektionskrankheiten häufig beobachtet worden sein. Davon ist jedoch bisher nichts bekannt geworden, obwohl in englischen Städten sowohl als in München, Frankfurt a. M., Berlin und anderwärts eine genauere gesundheitliche Ueberwachung dieser Arbeiter stattfindet.

Aber nicht nur, daß die Luft der Straßenkanäle relativ frei von Spaltpilzen ist: sie ist auch in chemischer Hinsicht reiner als zum voraus meistens angenommen zu werden pflegt, insbesondere vielfach frei von dem üblen Geruch, der in der Regel als selbstverständlich angesehen wird. Die Thatsache ist nicht nur durch manche Besteigungen von Kanälen, die gerade zur Feststellung dieses besonderen Zweckes unternommen wurden, erwiesen, sondern wird schlagend durch den im allgemeinen guten Gesundheitszustand der im Kanalbetriebe thätigen Arbeiter erhärtet. Es zeigt sich, daß diese Arbeiter bei Vorsicht und wenn sie nur periodenweise die Arbeit aussetzen, ihre Beschäftigung dauernd treiben können, ohne an ihrer Gesundheit mehr als gewöhnlichen Schaden zu erleiden.

Endlich — und nunmehr handelt es sich um den letzten in der Kette der vorgeführten Beweise — sind die allgemein günstigen Erfahrungen in Betracht zu ziehen, welche bisher in Bezug auf die Verminderung der Sterblichkeitsziffern kanalisierter Städte vorliegen. Gegenüber der Typhusgefährdung (der die Vertreter der Kanalgastheorie ganz besondere Bedeutung beilegen) darf den S. 33 ff. mitgeteilten Zahlen über die Abnahme der Typhussterblichkeit in kanalisierten Städten und ähnlichen Zahlen, die in andern, mit Kanalisation nicht ausgestatteten Orten ermittelt worden sind, gewiß eine besondere Bedeutung in dem hier fraglichen Sinne beigelegt werden. Die Behauptungen der Kanalgastheorie sind mit diesen Zahlen einfach unverträglich. —

Die Vertreter der Kanalgastheorie fußen vielfach auf der Annahme einer dauernden „aufsteigenden" Luftbewegung in den Kanälen (S. 136). Danach halten sie es für geboten, die Hausrohre von den Straßenrohren luftdicht abzusperren. Weiter oben ist die Irrigkeit dieser Auffassung der Luftbewegung rechnerisch erwiesen worden. Es würde sich auch daraus ein Stück Beweis gegen die Richtigkeit der Kanalgastheorie entwickeln lassen. Bei der Fülle sonstiger Beweise und der Untergeordnetheit jener wird davon Abstand genommen, während vorbehalten bleibt, auf die Frage der Trennung oder Nichttrennung von Hausrohren und Straßenkanal später bei Vorführung der technischen Einrichtungen der Kanalisation zurück zu kommen.

Um nicht Mißdeutungen und Zweifel entstehen zu lassen, sei zum Schluß nochmals besonders hervorgehoben, daß den hier beigebrachten Gegenbeweisen immer die Voraussetzung gut ausgeführter und sorgfältig betriebener Kanalisationen, wobei nicht nur an die Straßenkanäle, sondern auch an die häuslichen Entwässerungseinrichtungen, also an die Gesamtheit einer Kanalisationsanlage gedacht ist, zu Grunde liegt.

Kanalgefälle und Kanalformen sind als passende und streng regelmäßige gedacht, daneben gute Spüleinrichtungen und möglichst vollkommene Einrichtungen zum Luftwechsel angenommen. In gut beschaffenen und gut betriebenen Kanalisationsleitungen werden Schmutz-Anhäufungen der Regel nach nicht vorkommen, und wenn dies durch Zusammenwirken ungünstiger Umstände einmal stattfindet, Vorkehrungen zur leichten Wiederbeseitigung vorhanden sein. Regelmäßige Spülungen, Abbürsten und Waschen der Kanalwände sichern einen dauernd guten Reinheitszustand derselben. Bei reinen Kanälen ist die Kanalgastheorie gegenstandslos.

Es fragt sich, ob derselben unter abweichenden Verhältnissen Bedeutung beigelegt werden muß? Ob bei schlecht angelegten, dürftig unterhaltenen, mangelhaft gespülten und gelüfteten Kanälen die Kanalgastheorie zutrifft oder nicht? Soweit es sich um Infektionen durch die Kanalluft handelt, muß nach dem, was vorangeschickt worden, sogar für diesen Fall die Kanalgastheorie abgewiesen werden. Aber wenn dieselbe auch in dem eigentlichen Kerne verneint wird, so bleibt doch einiges übrig, was ernster Aufmerksamkeit wert ist. Denn übel riechende Dünste, die aus schlecht angelegten und schlecht gehaltenen Kanälen aufsteigen und in Häuser und Straßen verbreitet werden, beeinträchtigen die Atmung und verursachen bei schwachen oder in Heilung begriffenen Personen, Kindern u. s. w. Uebelkeit, Kopfschmerz, Schlaflosigkeit. Sie begünstigen (nach Kirchner a. a. O.) die Entstehung von Magen- und Darmkrankheiten und können bei längerer Einwirkung zu dauernden Ernährungsstörungen, Blutarmut, Bleichsucht, Nervosität u. s. w. führen. Sie wirken disponierend für Infektionskrankheiten und können daher allerdings indirekt zur Entstehung und Ausbreitung von solchen Krankheiten beitragen.

Einzig hierauf beschränkt sich dasjenige, was von der Kanalgastheorie übrig bleibt, wenn der Inhalt derselben an erwiesenen Thatsachen und Beobachtungen abgewogen wird. —

Im übrigen ist das Kapitel von der allgemeinen Gesundheitsschädlichkeit übler Gerüche heute noch unabgeschlossen. Tierversuche, die angestellt worden sind, haben bisher keine eindeutigen Ergebnisse geliefert, so daß für abweichende oder gar entgegengesetzte Auffassungen Raum übrig bleibt. Es fragt sich aber auch, ob es zulässig ist, die Ergebnisse, welche bei Versuchen mit — kleinen — Tieren erlangt worden sind, zu Schlußfolgerungen auf die Wirkungen, welche beim Menschen unter gleichartigen Verhältnissen erwartet werden können, zu benutzen.

Einige Litteraturangaben über Kanalluft:

v. Pettenkofer, Vorträge über Kanalisation und Abfuhr. München, 1880.

v. Nägeli, Die niederen Pilze in ihren Beziehungen zu den Infektionskrankheiten, 1877.

Pridgin Teale, Lebensgefahr im eigenen Hause. Aus dem Englischen übersetzt von I. K. H. der Prinzeß Christian von Schleswig-Holstein; bearb. von Wansleben, 1886.

Soyka, Kritik der gegen die Schwemmkanalisation erhobenen Einwände (Hygienische Tagesfragen I), 1889.

Hobrecht, Beiträge zur Beurteilung des gegenwärtigen Standes der Kanalisations- und Berieselungsfrage, 1883.

C. R. Aird, Ein Streifzug durch das Gebiet moderner Städtereinigungsfragen; Centralbl. f. allgemeine Gesundheitspflege, Jahrgang 1889.

Verhandlungen des Deutschen Vereins f. öffentl. Gesundheitspflege in der Zeitschrift des gen. Vereins, Bd. 27 u. 28 (1895 u. 1896).

Hygien. Rundschau, 6. Jahrg. (1896).

VI. Abschnitt.

Menge und Beschaffenheit der Abwasser.

1. Kapitel.

Allgemeines über Fabrikwasser.

§ 88. Die Aufgabe der Bestimmung der Wassermengen, welche durch eine Kanalisationsanlage innerhalb einer gegebenen Zeit (Zeiteinheit) abgeführt werden müssen, damit die Anlage vollkommen ihrem Zwecke entspricht, ist eine der schwierigsten unter allen Aufgaben, welche dem Ingenieur gestellt werden können, da ihre Lösung das Vorhandensein von mehreren Unterlagen voraussetzt, welche teils gar nicht, teils nur in unzulänglichem Maße beschafft werden können.

Die Abflußmengen setzen sich im allgemeinen aus zwei Teilen zusammen: den häuslichen Brauchwassern und den Meteorwassern, welche auf Straßen, Höfe, Dächer u. s. w. niederfallen. Wenn der betreffende Ort einige Fabrikthätigkeit besitzt, treten die durch dieselbe erzeugten verunreinigten Wasser, die gewerblichen oder Fabrikwasser, und in Badeorten Thermalwasser hinzu.

§ 89. Die Menge der zur Zeit erzeugten Fabrikwasser kann ohne große Mühe annähernd genau festgestellt werden; es bleibt jedoch die Zukunft unbestimmt, weil gewöhnlich nicht vorausgesehen werden kann, ob und welche Aenderungen in der Wassermenge dieselbe etwa bringen wird. Bei den vielen Faktoren, von welchen die Fabrikthätigkeit eines Ortes abhängt, sind die möglichen Aenderungen vielleicht sehr große. Es bleibt daher nur eine auf dem bisherigen Entwickelungsgange fußende Schätzung übrig, bei der die ganze Entwickelungsfähigkeit der Stadt sowohl als der besonderen Arten ihrer industriellen Thätigkeiten in Betracht gezogen werden muß.

Die Fabrikwassermengen sind oft unerwartet groß. Um welche Mengen es sich dabei handeln kann, ersieht sich aus folgenden Angaben:

Es kamen auf 1 Kopf der Stadtbevölkerung in 1 Tag:

in Halle	1889/90	30 l	Wasserverbrauch für gewerbliche Zwecke
„ Zürich	1888	49 „	„ „ „ „
„ Elberfeld	1889/90	65 „	„ „ „ „
„ Duisburg	1888/89	94 „	„ „ „ „
„ Bochum	1888/89	103 „	„ „ „ „

Für den Plan der Entwässerung der sehr industriereichen Stadt Mülhausen i. E. wurde auf Grund sorgfältiger Einzelermittelungen die Annahme gemacht, daß der Wasserverbrauch für gewerbliche Zwecke das Vierfache des häuslichen Verbrauchs sein werde. Für die Entwässerungsanlage von Aachen hat man neben 100 l häuslichem Wasserverbrauch auf 80 l gewerbliche und Thermalwasser pro Tag und Kopf gerechnet. Da die tägliche Menge des Thermalwassers etwa 777 cbm, d. h. 7,5 l der Bevölkerungszahl von 1895 (103 000) ist, so beträgt die Menge der gewerblichen Wasser mehr als 70 l.

In ein paar großen ausländischen Fabrikstädten wurden als Verbrauch für gewerbliche Zwecke 222 l (Birmingham), 363 l (Glasgow), 406 l (Reims) festgestellt. Schlößing und Durand-Claye veranschlagten für industriereiche Städte den Verbrauch für gewerbliche Zwecke auf 200—300 l pro Kopf und Tag.

Für Städte mit nur mittlerer industrieller Thätigkeit wird man keinen großen Fehlgriff thun, wenn man jenen Verbrauch doppelt so hoch annimmt, als den für häusliche Zwecke.

§ 90. Ein Teil der Fabrikwasser ist so wenig verunreinigt, daß die Einführung derselben in die öffentlichen Wasserläufe unbedenklich geschehen kann. Das ist z. B. gewöhnlich der Fall bei den Kondensations- und Kühlwassern. Wo Reinigungsanlagen für die Abwasser eingerichtet werden müssen, oder wo man sonstiger Gründe wegen die Zumischung dieser Wasser zu dem häuslichen Brauchwasser zu vermeiden Ursache hat, empfiehlt es sich, für die Kondensations- und Kühlwasser gesonderte Leitungen, die zum nächsten Flußlauf, oder einem sonstigen Rezipienten führen, anzulegen.

In Berlin sind (bis Anfang 1895) 166 derartige Leitungen angelegt worden, durch welche jährlich etwa 19,25 Millionen Kubikmeter, oder pro Tag fast 53 000 cbm Wasser von den Rieselfeldern ferngehalten werden. Dies macht ein Weniger von rund 22,5 % der sonst zu bewältigenden Gesamtförderung aus. — Die Frage, ob Aufnahme in die Kanäle oder gesonderte Ableitung, entscheidet sich — genügenden Reinheitszustand des Wassers vorausgesetzt — nach dem Kostenpunkt. Wenn die kapitalisierten Kosten der Förderung (und sonstigen Behandlung des Wassers) sich gleich oder höher herausstellen, als die Kosten des Baues und der dauernden Unterhaltung einer gesonderten Ableitung, wird letztere ausgeführt, im umgekehrten Falle davon abgesehen.

Uebrigens bedürfen die Kondensations- und Kühlwasser, bevor sie sowohl in einen Wasserlauf als in unterirdische Kanäle aufgenommen werden, der Herabsetzung ihrer Temperatur auf eine bestimmte obere Grenze, etwa 30 bis höchstens 40°. Durch hohe Temperatur der Kanalwässer werden Fäulnisvorgänge in denselben beschleunigt, wird das Mikrobenleben gefördert, die Beschaffenheit der Luft in den Kanälen verschlechtert und der Angriff der Kanalwände durch physikalische und chemische Agentien vermehrt. Beim Einlaß höher erwärmter Wasser in offene Gewässer handelt es sich insbesondere um Schädigungen des Fischlebens (vergl. S. 84).

§ 91. Den gewerblichen Wassern können auch die Thermalwasser in Badeorten zugerechnet werden. Mengen und Verteilung derselben auf die Tagesstunden sind bekannt. Durch die Benutzung zum Baden werden die Thermalwasser zu Schmutzwassern, welche in die Kanäle aufgenommen werden müssen. Gewöhnlich geben dieselben bei Berührung mit der Luft einen mehr oder weniger großen Niederschlag aus Kalk. In Oeynhausen (Bad Rehme) beträgt der größte stündliche Abfluß 100 cbm oder 28 l pro Sekunde u. s. w gegenüber 24 l Hauswasser und 47 l Regenwasser. In Wiesbaden sind an dem Abfluß in regenfreien Tagen die Thermalwasser mit etwa 15 % beteiligt.

§ 92. Der Abfluß der häuslichen Brauchwasser verteilt sich auf die einzelnen Tagesstunden sehr ungleichmäßig; bei den gewerblichen Wassern sind die Schwankungen im Abfluß geringer; daher bietet die Aufnahme derselben in die unterirdischen Kanäle den Vorteil, daß sie ausgleichend auf die Wasserführung in den Kanälen wirkt, was der Profilgestaltung und der Reinhaltung der Wände derselben zu statten kommt.

In Bezug auf die Beschaffenheit der Fabrikwasser findet ein Ausgleich nicht statt, vielmehr öfter eine Verschlechterung der Beschaffenheit der Kanalwässer, da manche Fabrikwasser erheblich stärker verunreinigt sind als häusliche Brauchwasser.

§ 93. Beschaffenheit und spezifische Schädlichkeiten der gewerblichen Abwasser für die Gesundheit und die öffentlichen Wasserläufe können hier nur leicht gestreift werden. Ein näheres Eingehen darauf fällt durchaus in ein Gebiet, auf welchem fast nur der Chemiker eine maßgebende Ansicht hat. Längere Betrachtungen hierzu sind um so mehr ausgeschlossen, als die Fabrikationsprozesse mancherlei Abweichungen aufweisen, durch welche die Beschaffenheit der betreffenden Abwasser wesentlich beeinflußt wird. Wegen eingehenderer Verfolgung dieses Gegenstandes kann u. a. auf folgende litterarische Quellen verwiesen werden: König, Die Verunreinigung der Gewässer u. s. w., Berlin 1887. — Jurisch, Die Verunreinigung der Gewässer, Berlin 1890. — Fischer, Das Wasser u. s. w.; mit besonderer Berücksichtigung der gewerblichen Abwasser, Hannover 1891.

An dieser Stelle handelt es sich auch nur um diejenigen Abwasser, welche aus Betrieben erfolgen, die innerhalb der Städte ihren Sitz haben. Danach scheiden die Abwasser aus Grubenbetrieben, in großem Maßstabe durchgeführten metallurgischen Thätigkeiten und aus den sogen. landwirtschaftlichen Gewerben aus. Was übrig bleibt, sind die Abwasser aus Betrieben, bei denen die Frage der Aufnahme oder Nichtaufnahme in die städtische Entwässerungsanlage auftritt. Dieselbe kann hervorgerufen sein teils dadurch, daß die Zumischung der gewerblichen Abwasser die Abwasser der Stadt noch stärker verunreinigt, oder daß dadurch die Reinigung (bezw. landwirtschaftliche Nutzung) der städtischen Abwasser erschwert wird, oder durch die Vermehrung der Gefahr der Ausbreitung von üblen Gerüchen oder besonderen gesundheitlichen Schädlichkeiten, endlich auch durch Rücksichten auf Erhaltung der Kanalwände, die den Angriffen gewisser Stoffe (Säuren, Ammoniak, Alkalien u. s. w.) nicht ausreichend widerstehen.

§ 94. Während die genauere Feststellung oder Erkenntnis der in den gewöhnlichen städtischen Abwassern enthaltenen verunreinigenden Stoffe gewisse Schwierigkeiten bietet, ist die Bestimmung der Bestandteile gewerblicher Abwasser eine verhältnismäßig einfache Aufgabe, weil die in den Gewerbebetrieben zur Verwendung kommenden Stoffe nach Menge, Anwendungsformen u. s. w. bekannt sind.

Teils handelt es sich um Schwebestoffe mineralischer und organischer Natur, teils um ungelöste Stoffe. Die gelösten mineralischen Stoffe pflegen vorzuwalten, wenngleich auch gewerbliche Abwasser mit hohem Gehalt an organischen Stoffen (in gelöster und ungelöster Form) vorkommen; gewerbliche Wasser dieser Art sind hoch fäulnisfähig. Andere hierher gehörige Wasser führen den Flußläufen Stoffe zu, die ein besonders reiches Wachstum von Algen hervorrufen; noch andere können die Keime gewisser Infektionskrankheiten bergen. Beispielsweise sind die Abfälle aus Zuckerfabriken (bei ihrem Wassergehalt von etwa 70%) stark zur Fäulnis geneigt, enthalten höhere Anteile von organischem Stickstoff und gewisse Mengen von Zucker, der in dem Flußlauf u. s. w., welchem sie zugeführt

werden, das massenhafte Auftreten einer chlorophyllfreien Alge, der Beggiatoa alba, erzeugt, die ein Kennzeichen starker Verunreinigung ist. Denn ebenso rasch als die Entwickelung vor sich geht, erfolgt das Absterben der Alge, wobei Schwefelwasserstoff und große Mengen von stark schwefelhaltigem Schlamm gebildet werden. Abfallstoffe aus Schlächtereien, Schlachthöfen, Abdeckereien, ferner aus Fabriken, welche Lumpen, Felle, Tierhaare oder andere Stoffe tierischer Herkunft verarbeiten, beherbergen häufig Infektionskeime verschiedener Art: Milzbrandkeime, bezw. höher organisierte Lebewesen: Eingeweidewürmer und Embryonen dieser Würmer, deren Fortführung mit dem Wasser gefahrbringend für Menschen und Tiere, die zu solchen Gewässern Zutritt haben, werden kann.

§ 95. Abwasser aus Milchwirtschaften sind fäulnisfähig und leicht der Gefahr, daß mit denselben Infektionskeime verbreitet werden, unterworfen.

Abwasser aus Schlachthöfen, die in ihrer Zusammensetzung sehr wechseln, sind stickstoffreich. Vogel fand in 1 l davon 1 g Stickstoff, König in dem Nachspülwasser eines Schlachthauses 48 mg Stickstoff, 297 mg organische Stoffe und einen reichlichen Gehalt an Keimen. Hierher rechnen auch die Abwasser aus Albuminfabriken und Abdeckereien; den letzteren kommt eine ganz besondere Bedenklichkeit zu.

Abwasser aus Gerbereien, Leim- und Lederfabriken sind stickstoffreich. Mit den Abwassern der erstgenannten Fabriken, wird sehr leicht der Milzbrandkeim verbreitet; desgleichen enthalten diese Abwasser größere Mengen von Arsen.

Abwässer aus Wollwäschereien, Walkereien, Wollfabriken, Baumwoll- und Seidespinnereien, Lederreinigungsanstalten sind besonders unrein; sie enthalten große Stickstoffmengen (bis 1,5 g und darüber in 1 l) und reichliche Mengen organischer und mineralischer Stoffe verschiedener Art, sind daher auch stark fäulnisfähig.

Aehnlich wie vorgeartet sind die Abwasser aus Papier- und Pappenfabriken, mit denen auch, aus den verarbeiteten Lumpen und Stroh herrührende, Keime von Infektionskrankheiten verbreitet werden können. Stark mit Schwefelverbindungen verunreinigte und fäulnisfähige Abwasser liefern auch die Holzstofffabriken, welche nach dem Sulfitverfahren arbeiten.

Bei dem Verarbeiten von Knochen in Düngemittelfabriken, desgleichen in Seifenfabriken erfolgen Abwasser mit höheren Anteilen von organischen Stoffen, neben welchen Fette, Kalk u. s. w. vorkommen.

Bierbrauereien, Brennereien, Essigfabriken liefern Abwasser, welche vermöge eines hohen Gehaltes an leicht löslichen Stickstoffverbindungen stark zur Fäulnis neigen und Fäulnispilze der verschiedensten Arten enthalten. Die Bedenklichkeit dieser Wasser wird durch einen reichlichen Zusatz von — reinem — Spülwasser zwar vermindert, doch erzeugen sie, in Flüsse eingelassen, große Mengen einer besonderen Algenart und sehr üble Gerüche.

Kartoffelstärkefabriken liefern Abwasser mit viel Eiweißkörpern, die leicht zerfallen; übrigens sind solche Wasser weniger bedenklich als die Abwasser aus Weizen- und Reisstärkefabriken, die so starke Verunreinigungen enthalten, daß Flüsse, in welche dieselben eingeleitet werden, durch Bildung von üblen Gerüchen, Fäulnis und Schlamm sehr bedeutende Schädigungen erleiden.

Fabriken für Leuchtgasbereitung und solche zur Teerverarbeitung (Paraffinfabriken) erzeugen Ammoniakwasser, welches den Flüssen sehr schädlich ist; gegenwärtig wird das Ammoniakwasser aber fast überall auf schwefelsaures Ammoniak verarbeitet. Das nun noch abfließende Wasser ist ziemlich harmlos. Die Abwasser

der Teerverarbeitung sind öl- und teerhaltig, wodurch sie für die Aufnahme in Kanäle und Wasserläufe bedenklich werden.

Färbereien, Druckereien, Bleichereien, Tapetenfabriken geben durch Beizen und Farbstoffe aller Art, sowie Reste von Farbhölzern stark verunreinigte Wasser. Gewöhnlich sind diese Wasser auch reich an Stickstoff und enthalten beträchtliche Mengen von Schwebestoffen.

Die Gruppe der sogen. chemischen Fabriken (Soda-, Schwefel-, Salz-, Salpeter-, Oxalsäurefabriken), ferner die Fabriken, welche Chlor und Präparate herstellen, in denen Chlor in großen Mengen enthalten ist, liefern Wasser, welche mehr oder weniger reich an Säuren und andern mineralischen Bestandteilen — größtenteils Gifte — sind.

Aehnlich die Abwasser der chemischen Kleinindustrie, deren es eine größere Reihe giebt. — Bei den nur geringen Mengen begegnet die Ueberführung in harmlose Form aber keinen besonderen Schwierigkeiten.

Verunreinigungen mit Säuren und Metallen der verschiedensten Art enthalten die Abwasser der Metallwarenfabrikation. Beispielsweise werden hier nur angeführt: Drahtzieherei, Verzinkerei, Messinggießerei, Neusilberarbeiten, Geschirremail, Silberbeizen u. s. w.

2. Kapitel.

Häusliche Brauchwasser.

§ 96. Die Menge der häuslichen Brauchwasser, welche in einem bestimmten Zeitraum erzeugt wird, wächst im Verhältnis der Einwohnerzahl des Orts und der Reinwasserzuführung, die auf den Kopf der Bevölkerung entfällt. Bei beiden Faktoren ist aber in der Regel nicht der gegenwärtige Zustand, sondern ein in späterer Zeit zu erreichender, den man als Beharrungszustand ansehen kann, in Betracht zu ziehen.

Das Maximum der Einwohnerzahl einer Stadt ist teils durch den Raum, der für Stadterweiterungen zur Verfügung steht, teils durch die Erreichung des Maximums der Wohndichte bedingt.

Die durch Stadterweiterungen verursachten Aenderungen in den Bevölkerungszahlen sind ausschließlich von örtlichen Verhältnissen abhängig, bieten daher zur Behandlung vom allgemeinen Standpunkte aus keinen Raum. Was in dieser Beziehung zu berücksichtigen ist, wird in jedem einzelnen Falle entweder klar liegen, oder durch einschlagende Untersuchungen zu ermitteln sein. Uebrigens spielt dabei die Oberflächengestalt und die Möglichkeit von Eingemeindungen benachbarter Orte oder Ortsteile eine Rolle. Wenn die Wasserscheide nicht allzufern liegt, so kann es, in Rücksicht auf die Möglichkeit späterer Eingemeindungen, geboten sein, bei einem Entwässerungsprojekt von vornherein das ganze Gebiet bis zur Wasserscheide in Betracht zu ziehen.

Anders liegt es mit dem Anwachsen der Stadtbevölkerung infolge natürlicher Vermehrung und Zuzugs von außerhalb. Hierzu hat die Statistik die notwendigen Unterlagen zu liefern. Ist E die gegenwärtige Bevölkerungszahl eines Orts, so wird bei der gleichmäßigen jährlichen Zunahme p aufs Hundert nach n Jahren die Bevölkerungszahl sein:

$$E_n = E\left(1 + \frac{p}{100}\right)^n$$

Für diesen Ausdruck ist der Summand $\frac{p}{100}$ aus der Ortsstatistik selbst zu entnehmen, da von andern Orten entlehnte Annahmen wenig gebrauchsfähig sind. Unter diesem Vorbehalt sei (mit Bezugnahme auf die bereits S. 26 ff. gemachten Angaben) mitgeteilt, dass 2—3% jährliche Bevölkerungszunahmen in Städten häufig beobachtet werden, daneben aber ebensowohl größere als geringere.

Weist die Ortsstatistik stärkere Ungleichmäßigkeiten in der Bevölkerungsbewegung nach, so ist mit einem Durchschnittswert von $\frac{p}{100}$ zu rechnen. Gute Dienste leistet bei derartigen Untersuchungen das graphische Verfahren, indem man die Jahreszahlen als Abscissen und die zugehörigen Bevölkerungszahlen als Ordinaten aufträgt. Die so erhaltene Kurve, welche an einem entsprechend weit zurückliegenden Punkte beginnt und nach Maßgabe der Form dieses Anfangsteils bis zu einem um eine längere Jahresreihe voraus liegenden Zeitpunkte weiter zu führen ist, gewährt — event. in ausgeglichenem Zustande — ein anschauliches Bild von der Bevölkerungszahl, mit welcher für einen bestimmten späteren Zeitpunkt gerechnet werden muß.

Schon an früherer Stelle (S. 24) ist hervorgehoben worden, daß in Deutschland sich in den letzten 25 Jahren allgemein eine starke Verschiebung der Bevölkerung vom Lande in die Städte vollzieht. Weiter ergiebt die Statistik für gewisse Kategorien von Städten ein außergewöhnlich starkes Anwachsen, für andere ein weniger starkes.

Sowohl bei den eigentlichen Großstädten (über 100 000 Einwohner) als bei den kleinen Landstädten (bis etwa 2000 Einwohner hinauf) ist das Wachstum merklich geringer, als bei den Städten mittlerer Größe; bei den großen Städten verlangsamt es sich mit zunehmender Größe mehr und mehr. Es liegen Versuche vor, diese Verlangsamung in ein bestimmtes Gesetz zu bringen. Doch wird man bei der Unsicherheit über viele Faktoren, die hier mitsprechen, derartigen Gesetzen nur eine ziemlich geringe Bedeutung beimessen können.

Eingeschlossen die Ergebnisse der preußischen Volkszählung vom 2. Dezember 1895 stellte sich in Preußen in den letzten 24 Jahren die Bevölkerungsbewegung in den Städten (abgesehen von Berlin) wie folgt:

Zähltag	Zahl der Städte	Zunahme auf 100	Zahl der Städte	Zunahme auf 100
	1. Städte von 100 000 Einwohnern und mehr		2. Städte von 50 000 bis 100 000 Einwohnern	
1. Dezember 1871 . . .	3	—	14	—
„ „ 1875 . . .	5	57,32	14	1,87
„ „ 1880 . . .	6	31,11	17	21,43
„ „ 1885 . . .	11	68,86	14	— 22,35
„ „ 1890 . . .	15	53,42	12	— 14,93
2. „ 1895 . . .	17	23,09	15	23,53

*) Kuichling, On the proposed Trunk Sewer for the East Side of the City of Rochester N.Y. Rochester 1889. Danach: Frühling im Civ.-Ingenieur, Bd. 39, Jahrg. 1893.

Zähltag	Zahl der Städte	Zunahme auf 100	Zahl der Städte	Zunahme auf 100
	3. Städte von 20 000 bis 50 000 Einwohnern		4. Städte von 10 000 bis 20 000 Einwohnern	
1. Dezember 1871 . . .	31	—	88	—
„ „ 1875 . . .	37	23,77	101	13,57
„ „ 1880 . . .	45	15,88	107	7,18
„ „ 1885 . . .	56	24,48	114	4,87
„ „ 1890 . . .	64	20,35	113	0,70
2. „ 1895 . . .	73	14,03	118	3,93

Die Abnahme der Bevölkerung, welche nach den Tabellen in ein paar Fällen stattgefunden hat, wie auch die starke Verminderung der Zunahme bei anderen Städten, erklärt sich, wie hinzugefügt werden muß, aus dem Aufrücken der Städte aus den Kategorien mit kleinerer Bevölkerungszahl in solche der Kategorien mit höheren Zahlen. Die dadurch entstehende Unklarheit des statistischen Bildes wird durch folgende weitere Tabelle beseitigt.

Vorhandene Größenklassen der Gemeindeeinheiten	Jahr 1890	Jahr 1895	Zunahme der Bevölkerung auf 1000 Einwohner in dem Zeitraum 1885—1890	1890—1895
1. Städte.				
Mit mehr als 100 000 Einwohnern . .	1	1	27,26	12,2
„ 100 000—500 000 „ . .	15	17	29,25	26,2
„ 50 000—100 000 „ . .	12	15	35,76	25,4
„ 40 000— 50 000 „ . .	8	14	29,66	27,4
„ 30 000— 40 000 „ . .	16	15	27,37	23,8
„ 20 000— 30 000 „ . .	40	44	17,69	22,1
„ 10 000— 20 000 „ . .	113	118	20,62	17,5
„ 5 000— 10 000 „ . .	206	209	11,19	11,7
„ 2 000— 5 000 „ . .	507	516	3,89	6,8
unter 2 000 „ . .	345	317	— 1,05	0,9
2. Landgemeinden und Gutsbezirke.				
Mit über 40 000 Einwohnern	—	3	—	110,8
„ 30 000—40 000 Einwohnern . . .	2	1	68,87	39,3
„ 20 000—30 000 „ . . .	4	4	68,22	46,2
„ 10 000—20 000 „ . . .	31	44	48,87	48,1
„ 5 000—10 000 „ . . .	111	140	30,26	32,0
„ 2 000— 5 000 „ . . .	647	700	18,85	18,0

Die in der letzten Tabelle durchgeführte Einteilung in „Städte“ und „Landgemeinden“ ist eine bloße Aeußerlichkeit, die für unsre Zwecke keinerlei Bedeutung hat. Wenn durch diese Einteilung ein viel rascheres Anwachsen der Bevölkerung der größten und großen „Landgemeinden“ als der der „Städte“ ersichtlich gemacht wird, so ist dazu zu bemerken, daß dasselbe wesentlich den Vororten größerer

Städte — namentlich Berlins — zukommt, wo in den letzten 25 Jahren dauernd eine Zunahme von 100—120 aufs Tausend für 1 Jahr, also von 500—600 in einem Zeitraum von 5 Jahren sich ergeben hat. Diese Ausnahme gemacht, bestätigen die Tabellen die obige Anführung, daß die Städte mittlerer Größe am stärksten wachsen; man kann nach der Tabelle in diese Gattung Orte von 10000 Einwohner bis hinauf zu ein paar Hunderttausend rechnen.

Bei den größten Städten verlangsamt sich die Zunahme auf 2% und weniger; Berlin hat beispielsweise in dem letzten 5jährigen Zeitraum 1890—1895 nur eine durchschnittliche Bevölkerungszunahme von 1,6% erfahren, gegen 6—12% der Vororte in seiner näheren sowohl als weiteren Umgebung.

So große Unterschiede zwischen unmittelbar benachbarten Orten sind geeignet, den Wert der Benutzung von „Durchschnittszahlen“ bei der Berechnung von Brauchwassermengen sehr herabzusetzen; sie fordern vielmehr zu sehr sorgfältigen Untersuchungen über die im Bereich der Wahrscheinlichkeit liegende Bevölkerungsbewegung einer Stadt heraus und lehren, wie sehr bei Kanalisationsplänen Zukunftsentwickelungen in Rechnung gezogen werden müssen, wenn man nicht Gefahr laufen will, Werke zu schaffen, die schon nach Ablauf einer kurzen Reihe von Jahren sich als unzureichend erweisen. An einer späteren Stelle wird auf das Maß der Berücksichtigung der Zukunft noch etwas näher einzugehen sein.

§ 97. Die Verteilung der Bewohnerschaft über das Stadtgebiet, d. h. die auf die Flächeneinheit (1 ha) entfallende Anzahl von Einwohnern, wird als Bewohnungs- oder Wohndichte bezeichnet. Für den „gegenwärtigen Zeitpunkt“ sind die, die Wohndichten im ganzen und in einzelnen Teilen des Stadtgebietes darstellenden Zahlen immer zur Hand; es bestehen aber meist Ungewißheiten über Aenderungen, welche die Zukunft hierin etwa bringen wird.

Man beobachtet, daß je größer die Einwohnerzahl einer Stadt wird, um so mehr die Wohndichte wächst, bis darin eine gewisse Grenze erreicht ist, die indes für fast jede Stadt anders liegt. Die Erfahrung lehrt ferner, daß je mehr eine Stadt an Einwohnerzahl wächst, um so mehr Sonderungen in Bezug auf die Wohnstätten der einzelnen Bevölkerungsklassen sich zu vollziehen pflegen. In einzelnen Straßenzügen oder ganzen Stadtteilen sammelt sich das geschäftliche, das Handelsleben, in andern die gewerbliche Thätigkeit, in noch andern die Arbeiterschaft, während noch sonstige Stadtteile vorwiegend als Wohnstätten der mittleren und oberen Klassen aufgesucht werden. Die Sammlung des geschäftlichen Lebens, welche in der Regel um den sogen. Stadtkern stattfindet (und mitunter als „Citybildung“ bezeichnet wird), kann so weit gehen, daß dieser Stadtteil nur noch während der Geschäftsstunden als bewohnt gelten muß, da er nachts nur diejenige geringe Bewohnerzahl beherbergt, welche ihren eigentlichen Wohnsitz fernab — vielleicht außerhalb der Stadtgrenzen — genommen hat. Durch die hier berührten Vorgänge können sich im Laufe einer nicht langen Reihe von Jahren wesentliche Verschiebungen in der Stadtbewohnerschaft vollziehen, einzelne Stadtteile bis zu einem gewissen Maße herab entvölkert, andre viel dichter als zur Zeit bevölkert werden.

Eine obere Grenze der Bevölkerungsdichte ist in der Regel durch Baupolizeiordnungen gezogen, oder kann durch solche gezogen werden. In den dichtbevölkertsten Teilen von ein paar Großstädten (Berlin, Hamburg, Königsberg u. s. w.) kommen heute Bevölkerungszahlen von 1000 Bewohnern und noch etwas darüber auf 1 ha vor; man kann dieselbe als obere, kaum noch zu überschreitende Grenze ansehen. Die durchschnittliche Bewohnerzahl solcher Städte ist vielleicht nur $^1/_3$ oder $^1/_4$ davon oder noch weniger.

§ 98. Es ergiebt sich aus dem Vorstehenden, daß es notwendig ist, für gewisse Teile eines Stadt-(Entwässerungs-)gebiets mit Bevölkerungszahlen, die bis zum Vierfachen der heutigen gehen, zu rechnen (vergl. hierzu die für eine Anzahl von Städten auf S. 27 gemachten Zahlenangaben).

Was Durchschnittszahlen über die Wohndichte in Städten oder städtisch gearteten Orten betrifft, so kann man rechnen, daß da, wo das kleine Einfamilienhaus die Regel bildet, etwa 40—50 Bewohner auf 1 ha Stadtgebiet wohnen. Mischen sich unter die Einfamilienhäuser kleine Miethäuser mit zwei Wohngeschossen, teilweise auch drei, so erreicht die Wohndichte 50—80 Köpfe und wenn die Einfamilienhäuser durch kleine Miethäuser ganz oder beinahe verdrängt werden, 80 bis 100—120 Köpfe. Letztere Zahl gilt für Flecken und Landstädte mit bis etwa 15000 Einwohnern. Je mehr die „geschlossene“ Bauweise vorherrscht, um so mehr nähert sich die Wohndichte der oberen Grenze. In etwas größeren Städten bis Mittelgröße (50000 Einwohner), wohnen 120—180 Einwohner auf 1 ha, in den größeren Städten bis 100000 Einwohner 180—240; Großstädte haben 240—300 Bewohner auf 1 ha.

Die vorangegebenen Zahlen sind als Durchschnittsangaben für den ganzen in Bebauung getretenen und dazu vorbereiteten, wenn auch noch nicht voll bebauten Teil des Stadtgebiets, einschließlich öffentlicher Parks, Wasserflächen u. s. w., aufzufassen.

§ 99. Indem die Kosten einer unterirdischen Entwässerungsanlage zum größten Teil im Verhältnis der Straßenlänge, d. h. der Größe des Stadtgebietes wachsen, folgt, daß die Kosten um so größer werden, je geringer die Wohndichte ist, und umgekehrt.

Erfahrungsmäßig treten daher Städte an die Schaffung einer Entwässerungsanlage gewöhnlich auch erst heran, wenn ihre Wohndichte einen gewissen Grad erreicht hat. Man kann in dem hier fraglichen Sinne vielleicht 100 Köpfe pro Hektar als eine untere Grenze bezeichnen. Da indessen in diese Frage noch viele andre Momente hineinspielen, so kommt dieser Zahl keineswegs die Bedeutung einer Regel zu.

§ 100. Die Mengen der häuslichen Brauchwasser bilden einen gewissen Teil der Reinwassermenge, welche der Stadt von außen zugeführt, oder in der Stadt selbst gewonnen wird. Für den gegenwärtigen Zeitpunkt ist diese Menge bekannt, nicht jedoch für einen späteren Zeitpunkt, da an derselben bedeutende Aenderungen eintreten können, nicht nur durch Vermehrung der Einwohnerzahl, sondern auch in Bezug auf den Reinwasserverbrauch pro Tag und Kopf.

Man hat in zahlreichen Fällen beobachtet, daß gewisse Aenderungen in der Bezugsweise des Wassers den Verbrauch desselben beeinflussen. Erfährt der Wasserpreis ein Ermäßigung, oder wird an Stelle des bisher bestandenen Modus der direkten Bezahlung derjenige einer mehr oder weniger indirekten eingeführt, so vermehrt sich der Wasserverbrauch, während in den umgekehrten Fällen eine Verminderung desselben eintritt. Die Einführung von Wassermessern und Bezahlung nach Angabe derselben hat in mehreren Fällen eine Herabminderung des Wasserverbrauchs auf die Hälfte und noch darüber hervorgebracht, vielfach Verminderungen um $1/3$ oder ähnliche. Eine Stadt kann sich nun ebensowohl unter dem Drucke der Gefahr, daß dauernd nur eine beschränkte Wassermenge zur Verfügung bleibt, als im bloß fiskalischen Interesse, und auch im Interesse der gerechteren Verteilung der Kosten veranlaßt sehen, von einem anfänglich eingehaltenen System der mehr freigebigen Lieferung des Wassers später zu einem andern der Einschränkung und

vollständigen Bezahlung der von den Einwohnern bezogenen Wassermengen überzugehen. Jede Aenderung dieser oder jener Art wird in der Menge des abfließenden häuslichen Brauchwassers mehr oder weniger deutlich zum Ausdruck kommen. Handelt es sich aber um eine Beschränkung der Wasserzufuhr aus einer allgemeinen Versorgung, so ist freilich die Stadtbewohnerschaft meist in der Lage, durch vermehrte Inanspruchnahme von Einzelbrunnen, oder Entnahme von Wasser aus öffentlichen Gewässern für die Minderzufuhr Ersatz zu schaffen.

Steht die Bewohnerzahl des zu entwässernden Gebietes fest, bezw. ist dieselbe für einen späteren Zeitpunkt angenommen worden, so muß die derselben zugeführte, bezw. zuzuführende Reinwassermenge ermittelt werden. Ist M die auf 1 Jahr und Kopf entfallende Reinwassermenge, so bezeichnet $q = \frac{M}{365}$ den durchschnittlichen Verbrauch pro Kopf und Tag. Bei dem Werte q kommen aber zeitlich große Abweichungen vor; er kann in der warmen Jahreszeit sowohl auf das Doppelte steigen, als bis auf die Hälfte herabgehen. Selbst diese Grenzen sind noch überschreitbar; in der Regel liegen aber die Aenderungen in den Grenzen $1{,}5\ q$ und $0{,}75\ q$. Der geringere Verbrauch fällt in die Winter-, der höhere in die Sommermonate. Außer Wechseln im Verbrauch eines Tages finden auch Wechsel in den einzelnen Tagesstunden statt. In den Nachtstunden sinkt der Verbrauch auf einen Kleinstwert herab, während er in den eigentlichen Tagesstunden — in der Regel kurz nach Mittag — auf einen Größtwert steigt. Der durchschnittliche Stundenverbrauch pro Kopf ist $\frac{q}{24} = 0{,}041\ q$; in den Nachtstunden kann der Verbrauch auf $0{,}01\ q$, oder noch weniger herabgehen, in den Tagesstunden auf $0{,}67\ q$ und darüber steigen.

Für die Querschnittsbemessung der unterirdischen Leitungen kommt es nur auf den größten (sekundlichen) Abfluß an. Um dafür einen handlichen Ausdruck zu erhalten, wird der Wert $q = \frac{M}{365} = 1$ gesetzt und angenommen, daß am Tage des höchsten Verbrauchs der Bedarf $= 1{,}2\ q$ bis $1{,}6\ q$ ist. Weiter wird angenommen, daß auch in der Stunde des größten Verbrauchs der Bedarf sich im Verhältnis von $\frac{1{,}2}{1}$ bis $\frac{1{,}6}{1}$ vergrößert. Danach findet man das Maximum des Stundenverbrauchs pro Kopf zwischen den Grenzen $\frac{(1{,}2 - 1{,}6)\ (1{,}2 - 1{,}6)}{24}\ q$ $= \frac{1}{18}\ q$ bis $\frac{1}{9{,}4}\ q$ liegend.

Wenn, wie es ebenfalls geschieht, man annimmt, daß die Menge $\frac{q}{2}$ in 4 bis 9 Stunden verbraucht wird, gelangt man zu den Grenzzahlen $\frac{1}{18}$ und $\frac{1}{8}$.

Bei $q = 100$ l würde das Stundenmaximum nach der erstangegebenen Berechnungsweise 5,5 bezw. 10,6 l, nach der letztangegebenen 5,5 bezw. 12,5 l sein gegen durchschnittlich 4,1 l.

Auf etwa dieselben Werte wie vor kommt die ebenfalls häufig gemachte Annahme hinaus, daß auf die 3 Stunden des höchsten Verbrauchs insgesamt 20% vom höchsten Tagesverbrauch entfallen.

Welchem der zahlenmäßigen Grenzwerte $\frac{1}{18}$ und $\frac{1}{8}$ man in einem gegebenen Falle sich zu nähern hat, hängt zum Teil von dem Werte q selbst ab. Es ist wahrscheinlich, daß der Größtwert des Stundenverbrauchs mit der Größe von q

wächst, weil eine reichliche Versorgung mit Reinwasser notwendig zu reichlichem Verbrauch, oder doch zur Vermeidung von Einschränkungen führt. Wo also reichliche Versorgung besteht, wird man sich mehr dem Werte $\frac{q}{8}$, wo geringe besteht, mehr dem Werte $\frac{q}{18}$ zu nähern haben.

Obwohl von dem zugeführten Reinwasser nur ein Teil als unreines Brauchwasser aus den Häusern wieder abfließt, da durch Verspritzung, Verdunstung u. s. w. gewisse Wassermengen verloren gehen, ist es doch nicht üblich, Abzüge zu machen; vielmehr wird mit dem vollen Betrage des Stundenmaximums gerechnet. Diese Vorsicht ist begründet, weil es möglich ist, daß mit dem Abfluß der größten Brauchwassermenge der aus einem Regenfall von größerer Heftigkeit erfolgende Abfluß zusammentrifft. Noch häufiger kann es vorkommen, daß während des größten Abflusses des Brauchwassers künstliche Spülung der Kanäle im Gange ist, bei welcher die letzteren einen mehr oder weniger erhöhten Wasserstand in einzelnen Bezirken haben werden.

Für Trinken, Kochen, Hausreinigung und Wäsche genügen 30—45 l Wasser pro Tag und Kopf; zur einmaligen Abortspülung werden durchschnittlich kaum mehr als 5—6 l verbraucht. Es sind daher kaum mehr als 30—60 l pro Tag und Kopf, welche den unterirdischen Kanälen zugeführt werden. Der Mehrverbrauch (s. Angaben weiterhin) betrifft, abgesehen von den zur Kanalspülung etwa verwendeten Wassermengen, Zwecke, die auf den Abfluß in unterirdischen Kanälen einflußlos sind.

Die auf 1 Einwohner oben ermittelte stündliche Menge des häuslichen Brauchwassers kann leicht auf die sekundliche Menge pro 1 ha zurückgeführt werden. Ist E die Bewohnerzahl von 1 ha des Stadtgebiets und V die aus diesem Gebiete zu erwartende Abflußmenge, so hat man:

$$V = \left.\begin{matrix} \frac{1}{24} \\ \frac{1}{18} \end{matrix}\right\} \left\{ \frac{E q}{60.60} \right\} \text{(Liter)}.$$

Wäre z. B. $E = 500$ und $q = 100$, so würde folgen:

$$V = 1{,}48 \text{ l, bezw. } 0{,}77 \text{ l.}$$

Der Tagesdurchschnitt q, welcher auf 1 Kopf der Bevölkerung entfällt, wird von sehr zahlreichen Faktoren beeinflußt, auf welche hier nicht einzugehen ist. Er ist nicht nur in Städten gleicher oder ungleicher Größe, gleichen oder verwandten Charakters verschieden, sondern wechselt auch innerhalb derselben Stadt in weit auseinander liegenden Grenzen. Im letzteren Falle handelt es sich besonders um die Ungleichheit der Ansprüche des sogen. Komforts. In den Bezirken mit wohlhabender Bevölkerung kann der Wasserbrauch pro Tag und Kopf das Zehnfache und selbst Zwanzigfache desjenigen in Bezirken mit ärmlicher Bevölkerung erreichen; in ersteren mögen 150 oder 200 l Verbrauch als nichts Ueberflüssiges enthaltend betrachtet werden, während in letzteren die Bewohner mit 10—15 l ihre Bedürfnisse zu befriedigen wissen.

In Amerika erreicht der Wert q zuweilen 300, vereinzelt selbst 400 l und sinkt selten unter 150 l. In englischen Städten ist derselbe weniger hoch, bewegt sich aber meist zwischen 120 und 200 l; vielfach ist es dort üblich, als Rechnungsannahme bei Stadtkanalisationen 28 Gallonen = 127 l zu Grunde zu legen; es werden aber auch bis 40 Gallonen = 182 l gerechnet. In Deutsch-

land werden bei guten Versorgungen 100—150 l Wasser pro Kopf und Tag zugeführt; gewöhnlich hält sich die Menge nahe der unteren Grenze und sinkt nicht selten auch unter dieselbe, auf 90, 80, 70 l hinab. In der Regel besteht auch in Städten mit allgemeiner (zentralisierter) Versorgung eine Anzahl von Hausbrunnen; oder die Stadt wird von einem offenen Gewässer berührt. In solchen Fällen findet, selbst wenn Verbote erlassen sind, ein Teil des Wasserbedarfs aus diesen Quellen seine Deckung. Besonders pflegen dieselben für gewerbliche Zwecke in Anspruch genommen zu werden, wenn der Wasserpreis hoch ist. Diese Thatsache darf nicht übersehen werden, wenn die allgemeine Versorgung keine reichliche ist. Es ist deshalb ein Gebot der einfachen Vorsicht, in den Annahmen über den Reinwasserverbrauch nicht engherzig zu Werke zu gehen, vielmehr in jedem Falle reichliche, event. über die Leistung der allgemeinen Versorgung hinausgehende Annahmen zu machen.

In einer Anzahl von deutschen Städten sind über die Brauchwassermengen u. s. w. die in nachstehender Zusammenstellung enthaltenen Angaben zu Grunde gelegt worden.

Stadt bezw. Stadtteil	Angenommene Bewohnerzahl pro ha	Durchschn. Wasserverbrauch q pro Tag und Kopf l	Angenommener stündlicher Maximalabfluß	Brauchwasserabfluß von 1 ha in 1 Sek. l
Berlin:				
Geschlossene Bebauung	800	127	$^1/_{18}\,q$	1,54
Offene Bebauung	400	127	$^1/_{18}$	0,77
Danzig:				
Alt- und Rechtsstadt	530	90	$^1/_{16}$	0,83
Niederstadt	360	90	$^1/_{16}$	0,56
Düsseldorf:				
Altstadt	1000	127	$^1/_{18}$	1,94
Uebrige Stadtteile	400	127	$^1/_{18}$	0,79
Mannheim:				
Innere Stadt	400	160	$^1/_{18}$	1,0
Neckarvorstadt	270	100	$^1/_{18}$	0,42
Wiesbaden:				
Dicht bebaute Stadtteile	400	100	$^1/_{18}$	0,65
Weiträumig bebaute Stadtteile	250	100	$^1/_{18}$	0,40
Landhausbezirke	75	100	$^1/_{18}$	0,15
Frankfurt a. M.	200	150	$^1/_{12}$	0,70
Hamburg, Vororte	250	140	$^1/_{18}$	0,54
Königsberg i. Pr.	550—600	150	$^1/_{16}$	1,50
Karlsruhe	400	150	$^1/_{8}$	2,10
Nürnberg	540	90	$^1/_{16}$	0,85
Witten a. d. Ruhr	300	120	$^1/_{12}$	0,83
Braunschweig (Proj.)	125—320	112,5	$^1/_{18}$	1,41—1,80
Mülhausen i. E.	100—500	100	$^1/_{18}$	77,0—51,0

§ 101. Die Beschaffenheit der häuslichen Brauchwasser ist bis zu einem gewissen Grade von der Menge der denselben zugeführten menschlichen Absonderungen abhängig; zu einem andern Teile wirkt dabei die Beschaffenheit der Küchenwasser und sonstigen, aus den Haushaltungen erfolgenden flüssigen Abgänge

mit. Nur die Menge sowie Beschaffenheit der menschlichen Absonderungen sind annähernd genau bekannt, während wir in Bezug auf die Menge der Küchenwasser nur wenig unterrichtet, in Bezug auf ihre Beschaffenheit ganz ununterrichtet sind, weil es bei ihnen, vermöge besonders großer Wechsel nicht möglich ist, Durchschnittswerte zu ziehen, sofern denselben etwa eine typische Bedeutung beigelegt werden soll.

§ 102. Die Mengen der menschlichen Absonderungen wechseln nach Alter und Geschlecht in ziemlich weit auseinander liegenden Grenzen. Dies gilt mit Bezug auf die „festen" Absonderungen sowohl als mit Bezug auf die „flüssigen". Beim weiblichen Geschlecht sind die festen Absonderungen erheblich geringer als beim männlichen; sie scheinen höchstens 33 % der des männlichen Geschlechts zu betragen. Bei den flüssigen Absonderungen ist der Unterschied weniger groß, da es sich hierbei um den Satz von 80—90 % handelt. Indessen herrscht in den betreffenden Angaben verschiedener Autoren nicht allzuviel Uebereinstimmung, wie nachstehende Zusammenstellung ergiebt*):

Geschlecht	Es werden pro Jahr abgesondert (in Kilogramm)								
	nach Wolf u. Lehmann			nach Lawes u. Gilbert			nach Camerer		
	fest	flüssig	zusamm.	fest	flüssig	zusamm.	fest	flüssig	zusamm.
Männer . . .	54,5	547,5	602,0	69,1	—	—	—	—	—
Frauen	16,1	492,6	508,7	16,5	—	—	—	—	—
Knaben. . . .	39,8	207,7	247,5	39,7	—	—	43,5	341,5	385,0
Mädchen . . .	8,8	164,2	173,0	—	—	—	29,5	309,3	338,8

Die vergleichsweise hohen Zahlen Camerers beziehen sich auf Kinder im Alter bis zum 14. Jahre. Sie sind aus relativ beschränkten Beobachtungen gewonnen, wonach es sich fragen kann, ob sie den Zahlen der beiden andern mitgeteilten Reihen gleichwertig sind. Trennt man aber in den Camererschen Beobachtungen nach Lebensaltern, so erhält man folgende Zahlen für die jährlichen Absonderungen:

	Bis zum 5. Lebensjahre	
Für Mädchen . .	25,6 kg feste,	231,6 kg flüssige
Für Knaben . . .	—	—
	Vom 5. bis zum 14. Lebensjahre	
Für Mädchen . .	29,2 kg feste,	338,3 kg flüssige
Für Knaben . . .	43,5 „ „	341,5 „ „

Da durch diese Trennung zwar eine gewisse, aber noch keine befriedigende Uebereinstimmung in den verschiedenen Angaben erzielt wird, muß geschlossen werden, daß die Absonderungsmengen mit verschiedenen Faktoren beträchtlich schwanken und zutreffende Zahlen dafür nur aus zeitlich und örtlich sehr weit ausgedehnten Ermittelungen gewonnen werden können, deren Durchführung aber große Schwierigkeiten bietet. Vogel (a. a. O.) führt an, daß die täglichen Harnmengen Erwachsener zwischen 600 und 2800 g (und noch mehr) betragen können. Freilich gelangen solche Unterschiede in „großen Zahlen", die sich über eine ganze Stadtbevölkerung und Jahr erstrecken, zu einem hinreichenden Ausgleich; immerhin verbleiben Unsicherheiten von einer gewissen Größe bestehen, über die man niemals hin-

*) Vergl. Vogel, Die Verwertung der städtischen Abfallstoffe. Berlin 1896.

weg kommen wird. Wie weit etwa der Ausgleich geht, lehrt die folgende Zusammenstellung über Jahresmengen der Absonderungen, die von einer größeren Anzahl von Autoren, welche, wie anzunehmen, unabhängig voneinander arbeiteten, ermittelt worden sind.

	Jahressummen der Absonderungen in Kilogramm		
	feste	flüssige	zusammen
Nach Heiden und A. Müller . .	48,50	438,0	486,5
„ E. Wolff	48,15	422,0	470,15
„ v. Pettenkofer und Gärtner	34,0	428,0	462,0
„ Wolf und Lehmann . . .	32,9	428,2	461,1
„ Frankland	33,0	427,0	460,0
„ Parkes	27,4	438,0	465,4
Durchschnitt . .	37,33	430,2	467,53

Während in den Angaben über die Menge der flüssigen Absonderungen eine sehr nahe Uebereinstimmung stattfindet, weichen diejenigen in Bezug auf die Menge der festen Absonderungen sehr weit voneinander ab. Die Abweichung ist so groß, daß es sich verbietet, hier einen Durchschnittssatz anzunehmen. Die niedrigen Zahlen rühren von Hygienikern, die höheren von Agrikulturchemikern her. Es mag dahin gestellt bleiben, welchen unter den Angaben die größere Wahrscheinlichkeit zukommt. Vogel (a. a. O.) mißt diese aus mehreren Gründen den Angaben der Agrikulturchemiker bei und rechnet durchgehends mit den Werten 48,5 kg für die festen und 438,0 kg für die flüssigen Absonderungen. Verfasser glaubt sich in dem Folgenden diesem Vorgehen anschließen zu sollen, ohne damit den niedrigeren Angaben gegenüber einen Zweifel auszudrücken.

Sowohl in gesundheitlichem als technischem Sinne kommt den flüssigen Absonderungen die größere Bedeutung zu. In gesundheitlichem insofern, als der Harn, vermöge alsbaldiger Bildung von Ammoniak aus dem Harnstoff und der Harnsäure, rasch in den Zustand der Fäulnis übergeht, und als er ferner geeignet ist, die in ihm enthaltenen Schädlichkeiten rascher und weiter auszubreiten als die festen Absonderungen, letzteres nicht nur wegen der Form, sondern auch wegen seines größeren Volumens und auch noch aus sonstigen Gründen. Der hauptsächlichste Bestandteil der Absonderungen dem Volumen nach ist Wasser; der Trockengehalt tritt dagegen stark zurück. Die Zusammensetzung, nach diesen beiden Bestandteilen ermittelt, ist folgende:

	Feste Absonderungen	Flüssige Absonderungen
Wasser	77,2 %	95,5 %
Trockengehalt	22,8 „	4,5 „

Bei dem angenommenen Mengenverhältnis der beiden Formen enthält die Mischung: Wasser 93,3 %, Trockengehalt 6,3 %.

Das spezifische Gewicht der festen Absonderungen ist 1,067, das der flüssigen 1,024; es berechnet sich daraus das spezifische Gewicht des Gemisches zu 1,030.

Von gesundheitlicher sowohl als landwirtschaftlicher Bedeutung sind folgende Bestandteile der Absonderungen: organische und mineralische Stoffe (Asche), Stickstoff, Phosphorsäure, Kali, kohlensaurer Kalk, Chlorverbindungen, neben denen eine große Reihe andrer für unsre Zweck interesseloser darin enthalten ist.

Die nachstehende Tabelle enthält eine Zusammenstellung über den Gehalt der Absonderungen an den genannten Stoffen, bezogen auf 1 Person pro Tag und pro Jahr:

	Mengen für					
	1 Tag			1 Jahr		
	fest	flüssig	zusammen	fest	flüssig	zusammen
In frischem Zustande . { l	0,125	1,168	1,293	45,4	426,4	471,8
In frischem Zustande . { kg	0,133	1,200	1,333	48,5	438,0	486,5
Davon sind:	g	g	g	kg	kg	kg
Wasser	102,7	1146,0	1248,7	37,4	418,3	455,7
Trockengehalt	30,3	54,0	84,3	11,1	19,7	30,8
Hierin sind enthalten:						
Organische Stoffe	26,1	39,6	65,7	9,50	14,50	24,00
Mineralische Stoffe (Asche) .	4,2	14,4	18,6	1,50	5,30	6,80
Und darin:						
Stickstoff	1,7	9,6	11,3	0,62	3,50	4,12
Phosphorsäure	1,5	1,9	3,4	0,55	0,69	1,24
Kali	0,5	2,3	2,8	0,18	0,84	1,02
Kohlensaurer Kalk	0,8	0,2	1,0	0,29	0,08	0,37
Kochsalz	—	9,8	9,8	—	3,58	3,58 *)

Die Zahlen der Tabelle sind Durchschnittswerte, von denen wesentliche Abweichungen vorkommen können. Dies zu beachten, ist insbesondere bei dem Stickstoffanteil von Wichtigkeit, der als Hauptkennzeichen (Maßstab) der Verunreinigung von Abwassern mit menschlichen Absonderungen gilt. Nach Fischer (a. a. O. S. 56) kann in den täglichen festen Absonderungen einer Person je nach der Art der aufgenommenen Nahrung die Stickstoffmenge von 0,6—4,3 g schwanken. Ernährung mit Brot und Hülsenfrüchten erhöht den Stickstoffanteil am meisten; Gemüsenahrung wirkt stark abmindernd. Der Stickstoffgehalt des Harns schwankt in engeren Grenzen als der der festen Absonderungen. Ersterer ist aber der Gesamtmenge nach weit überwiegend, da nach der Tabelle folgendes Verhältnis besteht:

$$\frac{\text{Stickstoffmenge im Harn}}{\text{Stickstoffmenge in den Fäces}} = \frac{3,50}{0,62} = 5,64.$$

Anderweitig werden in der Litteratur für dieses Verhältnis bis zum Anderthalbfachen höhere Zahlen angetroffen. Wie der Stickstoff des Harns, so erleidet auch derjenige in den festen Absonderungen bald Umbildungen, teils zu Ammoniak, teils zu andern Formen: freiem Stickstoff und flüchtigen Stickstoffverbindungen. Aus solchen Umbildungen ergeben sich Verluste und wird deshalb der Stickstoffanteil in nicht frischen Absonderungen immer geringer sein, als der in der obigen Tabelle nachgewiesene. Wie groß der Unterschied ist, hängt vom Alter und von der Aufbewahrungsweise der Absonderungen ab.

Auf S. 21 ist der Wert der in den jährlichen Absonderungen einer Person enthaltenen Dungstoffe zu 5,2 Mk. berechnet worden. Dies bezieht sich auf den frischen Zustand; 5,2 Mk. sind daher ein „theoretischer" Wert, hinter welchem derjenige Wert, den die Landwirtschaft vermöge der notwendigen Sammlung und längeren

*) Berechnet unter Annahme eines Chlorgehaltes im Harn von 0,5 %.

Aufbewahrung thatsächlich nutzen kann, mehr oder weniger weit zurückbleibt. Insonderheit kommt dabei die Sammelweise der Absonderungen (ob in Wasserklosetts, Gruben, Tonnen u. s. w.) in Betracht.

§ 103. Abgesehen von dem geringen Verlust, welcher beim Stickstoff durch Verflüchtigung (auch durch Bildung von Salpetersäure) eintritt, ergiebt sich ein Verlust bei diesem Stoff und gleicherweise bei allen übrigen, die in den Absonderungen enthalten sind, dadurch, daß ein gewisser Teil der letzteren den Sammelstätten vorenthalten bleibt; hierbei machen auch die Orte mit Spülabtritten und Wasserklosetts keine Ausnahme. Man kann aber sagen, daß je größer die Wohndichte einer Stadt, um so geringer die hier fraglichen Verluste sind und umgekehrt. Bei mäßiger Wohndichte, wie noch Städte bis 50000 Einwohner sie aufzuweisen pflegen, kann die Menge der thatsächlich zur Sammlung gelangenden Absonderungen auf etwa 0,5—0,4 der Gesamtmenge herabgehen, in mehr ländlich gearteten Städten daher noch weiter. In dichtbewohnten Großstädten bezw. dicht bebauten Teilen solcher mag umgekehrt ein doppelt so hoher Anteil, also vielleicht 0,9, zur Sammlung gelangen, während für das ganze Gebiet sich ein geringerer Satz ergiebt.

Im Durchschnitt beträgt der Wasserverbrauch für Klosettspülung etwa 1/6 des häuslichen Verbrauchs und beim einmaligen Benutzen eines Wasserklosetts wahrscheinlich nicht über 5—6 l, eine etwas geringe Zahl, aus der sich die mehrfach beobachtete Thatsache erklärt, daß der Wasserverbrauch in Städten mit Wasserklosetts sich als nicht größer herausstellt, als in Städten mit Gruben- oder Tonnensystem. Es wird daher der Wasserverbrauch von andern Faktoren viel stärker beeinflußt, als von dem Verbrauch für Klosettspülung.

Wo die obige Zahl zutrifft, gelangt mit den Absonderungen etwa das Neun- bis Zehnfache derselben an Spülwasser in die Klosetts bezw. Ableitungen derselben, so dass dort die ungefähre Zusammensetzung der Wasserklosettabflüsse, wenn man die Annahme macht, daß 0,75 der Absonderungen zur Sammlung in den Klosetts gelangen, durch folgende Angaben charakterisiert sein wird (Tabelle und Angaben S. 159):

		Auf 1 Kubikmeter berechnet
Wasser 0,75 . 1,2487 . 10	9,370 kg	1000 kg
Trockengehalt 0,0843	63 g	6,723 „
Darin:		
Organische Stoffe	49 „	5,230 „
Mineralische Stoffe	14 „	1,494 „
und in diesen:		
Stickstoff	8,5 g	0,907 „
Phosphorsäure	2,5 „	0,267 „
Kali	2,1 „	0,224 „
Kohlensaurer Kalk	0,8 „	0,085 „
Kochsalz	7,4 „	0,790 „

Von dieser Beschaffenheit der Wasser in Klosettableitungen, die selbstverständlich auf Genauigkeit keinen Anspruch machen, weicht die Beschaffenheit der Wasser aus häuslichen Ableitungen, wenn durch dieselben Klosett- und Küchenwasser gemeinsam abgeführt werden, mehr oder weniger weit ab. Bei der völligen Unkenntnis aber, die über die Menge verunreinigender Stoffe, welche aus Küchen u. s. w. abfliessen, besteht, ist eine rechnungsmäßige Bestimmung der Beschaffenheit der Küchenwässer ausgeschlossen und bleibt nur übrig, sich durch direkte Untersuchung der Kanalwasser Auskunft über die Zusammensetzung des Gemisches aus Klosett- und Küchenwassern zu vergewissern.

§ 104. Es könnte die Ansicht entstehen, daß ein hinreichend genaues Bild von der Beschaffenheit der Küchenwasser sich durch ein einfaches Subtraktionsexempel gewinnen lasse, indem von den durch die Analyse in den Kanalwässern festgestellten Mengenzahlen gewisser charakteristischer Stoffe die durch Rechnung ermittelten Mengenzahlen derselben Stoffe in den Klosettwassern in Abzug gebracht werden; der so gefundene Unterschied stelle die Beschaffenheit der Küchenwasser dar. Es ist klar, daß auf so ungleichen Grundlagen gewonnene Zahlen nicht in der angegebenen Weise verbunden werden können, daß also etwaige Schlußfolgerungen aus den Ergebnissen eines solchen Exempels schon deshalb allein hinfällig sind.

Noch mehr leuchtet dies ein, wenn gewisse Unsicherheiten, welche der Analyse unvermeidlich anhaften, in Betracht gezogen werden. Zwar wird die chemische Analyse in jedem einzelnen Falle ein genaues Bild der Beschaffenheit der Kanalwasser liefern; doch wechselt dieses Bild mit verschiedenen Umständen: mit der Zeit sowohl als mit der Oertlichkeit.

Verschiedenheiten nach der Oertlichkeit (der Lage der Entnahmestelle) ergeben sich aus den ungleichen Zeitenlängen, welche die Abwasser gebrauchen, um eine gewisse Stelle im Kanalnetz zu erreichen, namentlich wenn inzwischen Aufenthalte stattfinden. An den oberen Enden eines Netzes wird die Zusammensetzung der Kanalwasser eine andre sein als an den unteren, da in der Zeit, die das Wasser gebraucht, um vom oberen Ende aus das untere zu erreichen, mehr oder weniger große Umbildungen vor sich gehen, die das Bild der Beschaffenheit verändert erscheinen lassen; es werden ferner unterwegs Wasser andrer Herkunft und Zusammensetzung hinzugetreten sein.

Vogel hat eine Reihe von Analysen Berliner Kanalwasser, die an verschiedenen Stellen entnommen wurden, ausgeführt (a. a. O. S. 226) und fand dabei, gegenüber den Mittelwerten:

Gesamtstickstoff	118,6 mg in 1 l
Ammoniakstickstoff . . .	52,9 „ „ 1 l

Grenzwerte von 57,8 und 202 mg Gesamtstickstoff, sowie 20,4 und 110 mg Ammoniakstickstoff. Freilich ist dies Bild insofern nicht rein, als die Proben an verschiedenen Tagen und zu verschiedenen Tagesstunden entnommen wurden.

Weyl fand (an demselben Tage) in Mischungen von Berliner Kanalwassern, die an sechs verschiedenen, aber immer denselben Stellen, im Kanalnetz entnommen waren:

7 Uhr	morgens	98 mg Stickstoff in 1 l	
12 „	mittags	127 „ „ „ 1 l	
5 „	nachmittags	87 „ „ „ 1 l	
8 „	abends	55 „ „ „ 1 l	(Regen)
10 „	„	85 „ „ „ 1 l	

Die gründlichsten Untersuchungen zu diesem Punkte, hat Prausnitz*) an Münchener Kanalwassern angestellt, der in regenfreier Zeit allstündlich während der 24 Tagesstunden Kanalwasserproben an denselben Stellen entnahm, und dieselben auf den Gehalt an organischen Substanzen, ferner an Chlor und an Keimen untersuchte. Aus der graphischen Darstellung, in welcher Prausnitz die Ergebnisse bildlich niederlegte, sind folgende Zahlen, welche den Durchschnitt von je 3 Stunden angaben, entnommen:

*) Prausnitz, Der Einfluß der Münchener Kanalisation auf die Isar. München 1890.

Zeit	Trocken-rückstand	Organische Substanz	Chlor	Keimzahl in 1 ccm
	mg in 1 l			
6— 9 Uhr vormittags	0,70	0,93	37	160 000
9—12 „ „	0,91	1,36	59	385 000
12— 3 „ nachmittags	0,87	0,79	62	280 000
3— 6 „ „	1,04	1,27	78	288 000
6— 9 „ „	1,11	1,70	76	440 000
9—12 „ „	0,71	0,61	55	440 000
12— 3 „ vormittags	0,70	0,63	43	193 000
3— 6 „ „	0,81	0,62	29	165 000

Diese Zahlen geben gewissermaßen ein Bild der Lebensgewohnheiten der Stadtbevölkerung, insofern sie sich an die Thätigkeiten (Arbeits-, Ruhe- und Essenszeiten) ersichtlich eng anschließen. Was weiter in den Zahlen hervortritt, ist ein ziemlich genauer Parallelismus unter den Mengen der bestimmten Stoffe. Auch der Mikrobengehalt nimmt an diesem Parallelismus teil; doch bleibt der Gang der Mikrobenzahl um ein paar Stunden hinter dem Gange der übrigen Zahlen zurück. Ermittelt man die Durchschnittszahlen für 24 Stunden sowohl, als für die 12 Tages- bezw. Nachtstunden (6—6), so erhält man folgendes, sehr deutliches Bild:

Zeit	Trocken-rückstand	Organische Substanz	Chlor	Keimzahl
Durchschnitt aus 24 Stunden .	0,87	0,97	58	285 000
Desgl. aus 12 Tagesstunden .	0,99	1,27	75	325 000
Desgl. aus 12 Nachtstunden .	0,72	0,65	41	240 000

Die Prausnitzschen Arbeiten wurden gegen das Ende der 80er Jahre, also zu einer Zeit ausgeführt, wo die Aufnahme von Klosettstoffen nicht erlaubt war, doch aber thatsächlich in großem Umfange stattfand. Dieser Umstand wird hier angemerkt, ohne aber daß dabei die Unterstellung Platz greift, daß dadurch der vergleichende Wert der obigen Zahlen eine Abminderung erlitte.

Gleichartige Untersuchungen sind mit Bezug auf den Wechsel unter den verschiedenen Tagen der Woche von Grandeau in Roubaire angestellt worden, worüber zu vergleichen: Fischer, Das Wasser S. 62. Daß auch größere Wechsel mit Bezug auf längere Perioden (jahreszeitlich) stattfinden, ist selbstverständlich.

Eine Schlußfolgerung, welche die vorstehenden Mitteilungen gestatten, geht dahin, daß der einzelnen Analyse einer Kanalwasserprobe wenig Bedeutung zukommt, daß es daher vielfacher, unter den verschiedensten Umständen angestellter Beobachtungen bedarf, um zur Aufstellung zutreffender Durchschnittszahlen zu gelangen. Es steht auch dann noch dahin, ob die von verschiedenen Beobachtern an verschiedenen Orten gefundenen Ergebnisse etwas Weiteres als nur eine allgemeine Vergleichung zulassen, weil mehrere Besonderheiten des Untersuchungsverfahrens auf das Endergebnis bedeutend einwirken.

Unter diesem Vorbehalt wird nachstehend eine Zusammenstellung von analytischen Befunden der Kanalwasser einer Reihe von Städten mitgeteilt.

Stadt	Schwebestoffe mineralische	organische	insgesamt	Darin Stickstoff	Gelöste Stoffe Trockenrückstand	mineralische	organische	Stickstoff	Gesamter Stickstoff in 1 ccm g
	mg in 1 l				mg in 1 l				
1. Dortmund . .	205,5	284,3	489,8	28,1	782,4	518,6	263,8	53,4	81,5
2. Ottensen . . .	218,8	442	660,8	24,1	1817,5	1450	367,2	68,3	92,4
3. Essen	105,2	213,4	318,6	19,3	843,2	613,6	229,6	50,3	69,6
4. Braunsberg . .	961	1485,6	2446,6	39	796,1	490,1	306	51,4	90,4
5. Halle	611,6	404,8	1016,4	41,4	3376	2829,6	546,4	64,5	105,9
6. Wiesbaden . .	40	34	74	—	1873	1780	93	—	23
7. Mittel aus 15 englischen Städten ohne Wasserklosetts . . .	178	213	391	—	824	—	—	—	73
8. Berlin	323	733	1056	—	1190	846	344	99,6	99,6 *)
9. Breslau . . .	166,8	371,4	538,2	—	720,2	475,8	244,4	82,2	82,2**) 94,6
10. Danzig . . .	226	356	582	—	683	522	161	53	64,8
11. Frankfurt a. M.	320	655,4	975,4	44,7	857,6	361,3	496,3	54,7	99,4
12. Mittel aus 16 englischen Städten mit Wasserklos.	242	205	447	—	722	—	—	—	85
13. Potsdam a) . .	113	673,5	786,5	37,3	2989	1652	1337	438,7	476
b) . .	881,5	2437	3318,5	82,8	5590	2334	3256	433,2	516

Die Teilung der vorstehend mitgeteilten Zahlen in drei Gruppen bezw. 1—7, 8—12 und 13 erfolgte, um den Unterschied zu veranschaulichen, der bei den Kanalwassern stattfindet, je nachdem denselben die Klosettwasser beigemischt sind oder nicht.

Die Angaben zu 1—7 betreffen Städte, welche Klosettwasser in die Kanäle nicht aufnehmen, die Angaben zu 8—12 solche Städte in denen die Aufnahme erlaubt ist. Vergleicht man sowohl mit Bezug auf den Gehalt an Schwebestoffen, als an gelösten festen Stoffen, als endlich an Stickstoff, so sieht man, daß kein wesentlicher Unterschied in der Beschaffenheit der Kanalwasser der beiden Städtegruppen besteht. Die Kanalwasser werden durch die Zumischung der Klosettwasser daher nicht erheblich stärker verunreinigt, eine Thatsache, die sich zum Teil wohl daraus erklärt, daß gewisse, mehr oder weniger große Mengen von menschlichen Absonderungen den Weg in die Kanäle finden, einerlei ob die Aufnahme zu Recht oder zu Unrecht geschieht. Zu einem andern Teil wird die hervorgehobene Thatsache auch damit erklärt werden müssen, daß die Küchenwasser ebenfalls erheblich verunreinigt, namentlich auch stickstoffreich sind, sowie damit, daß Stickstoff auch noch aus anderweiten Quellen als den hier in Rede befindlichen zugeführt wird; insbesondere ist dabei an die in gewerblichen Wassern enthaltenen Stickstoffmengen zu denken.

*) Ungerechnet den (nicht bestimmten) Stickstoff in den Schwebestoffen.

**) Hier gilt die Bemerkung wie vor. Die untere Zahl entspricht anderweiten Analysen als den hier sonst mitgeteilten.

Die besonders starke Verunreinigung, welche die Kanalwasser der Stadt Potsdam (Gruppe 13) aufweisen, erklärt sich aus einem besonderen Umstande. Die Analysen beziehen sich auf Wasserproben, die aus einem Sammelbrunnen entnommen sind, in welchem dieselben zusammenfließen, bevor sie den Klärprozeß (in sogen. Klärtürmen) durchmachen. Da die Uebergabe an die Klärtürme alltäglich nur während einiger Stunden stattfand, hatte man es bei der Untersuchung mit Wasser zu thun, welches während einer Dauer von 18—20 Stunden zugelaufen war, bezw. in dem Sammelbrunnen stagniert hatte. Die zuerst mitgeteilte Analyse bezieht sich auf Wasserproben, welche unmittelbar vor dem Beginn der Einführung in die Klärtürme genommen waren, die zweite auf Probeentnahmen unmittelbar vor dem Ende der Einführung. Die beiden Analysen liefern also ein Bild von den Veränderungen, welche faulende Wasser erleiden, wenn dieselben stagnieren, bezw. bei ihrem Laufe durch die Leitung in Schächten oder in Strecken mit unzureichendem Gefälle lange aufgehalten werden. Auf eine Nutzanwendung, die sich hieraus für die Betriebsweise von Kläranstalten ergiebt, wird erst später einzugehen sein.

Da während der Einführung in die Klärtürme fortwährend neues Kanalwasser zuläuft, so wird das Wasser gegen Ende des Klärbetriebes „Mischwasser“ sein, auf dessen Beschaffenheit auch die Sedimentierung während der Dauer des Stillstandes beträchtlich eingewirkt hat.

Weiter muß aber hinzugefügt werden, daß es sich bei den Potsdamer Wassern um solche aus Kanälen handelt, die einem Trennsystem entstammen, bei welchem Regenwasser in die Leitung nicht aufgenommen wird, und daß diese Wasser — vermutlich wegen allzu geringen häuslichen Wasserverbrauchs — so stark verunreinigt sind, wie es nur selten beobachtet wird. —

Ist der auf 1 Kopf und Tag entfallende Wasserverbrauch bekannt, so läßt sich aus den Zahlen der letzten Spalte der obigen Tabelle berechnen, welche Stickstoffmengen auf den Tag und Kopf durchschnittlich entfallen. Bei einem Durchschnittssatz von 80 g Stickstoff in 1 ccm Abwasser und 100 l Wasserverbrauch würde der Anteil pro Kopf und Tag nur 8 g sein, d. h. weniger betragen als nach S. 162 der durchschnittliche Stickstoffanteil in den täglichen Absonderungen eines Menschen beträgt. Man mag hieraus einen Beweis für die bereits mehrfach unterstellte Thatsache entnehmen, daß auch in Städten mit Wasserklosetts den letzteren ein mehr oder weniger erheblicher Teil der menschlichen Absonderungen vorenthalten bleibt.

Wegen der Bedeutung, die einigen andern in Schmutzwassern enthaltenen Stoffen — außer Stickstoff — zukommt, sind die bezüglichen Mitteilungen in den Abschnitten über Boden- und Flußverunreinigung zu vergleichen.

§ 105. Kanalwasser können sowohl Stoffe als organisierte Formen von spezifischer Schädlichkeit enthalten.

Bei der Fäulnis von Stoffen organischer Herkunft entstehen sogen. Fäulnisgifte (Ptomaïne), von denen eine Anzahl näher untersucht und bestimmt ist. Doch ist bis heute noch keine vollständige Klärung erreicht, die bei den minimalen Mengen, um welche es sich in der Regel handelt, und bei der Kompliziertheit der Verbindungen, in welchen die Gifte vorkommen, auch schwer beschaffbar ist. Bei der meist unmittelbaren Verbindung des Hausinnern und der Straße mit den unterirdischen Kanälen, werden den Wassern derselben jedenfalls auch öfter pathogene Mikroben und organisierte Lebewesen zugeführt, sowohl solche, die für Menschen, als solche, die für Tiere, und noch andere, die für Tiere und Menschen pathogen sind.

Bei der häufig alkalischen Reaktion des Kanalwassers, einer mittleren und

sehr beständigen Temperatur und, endlich, bei einem großen Reichtum an Nahrung ist zu erwarten, daß Mikroben in Kanalwässern ganz allgemein einen günstigen Boden für ihr Fortkommen finden. Die Erfahrung bestätigt diese Vermutung auch, soweit es sich um die nicht pathogenen Mikrobenformen handelt. Diese Formen kommen unter Umständen zu mehreren hundert Millionen in 1 ccm Kanalwässer vor. Proskauer und Nocht fanden z. B. in demselben Potsdamer Kanalwasser, von welchem oben Analysenergebnisse mitgeteilt sind, bezw. 160 und 108 Millionen Keime. Andere, mit geringeren Keimzahlen sind für Münchener Kanalwasser auf S. 164 mitgeteilt worden. Im Kanalwasser von Halle wurden 12, 108 und 257 Millionen Keime, in demjenigen von Paris bis 6 Millionen Keime in 1 ccm gefunden, alles Keimzahlen, die sehr weit über diejenigen hinausgehen, welche für selbst stark verunreinigte Flußwasser ermittelt worden sind. (Vergl. die Abschnitte über Flußverunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse.)

Unter den vielen Millionen kommen Mikroben pathogener Art in der Regel wohl nur in wenigen Exemplaren vor, da, wenn es anders wäre, sich häufiger als thatsächlich der Fall, ein Befund an solchen ergeben haben müßte. Es scheint, daß bis jetzt nur drei Arten pathogener Mikroben in Kanalwassern nachgewiesen worden sind und darunter keine von den gefährlichsten, wie die Erreger der Cholera und des Typhus. (Vergl. Arnould, Nouveaux Eléments d'Hygiène, p. 754.) Dieser fast negative Befund kann kaum anders erklärt werden als so, daß in den Kanalwassern die Lebensbedingungen für die pathogenen Mikroben ungünstig sind. Ob es sich nur um rasches Ueberwuchern derselben durch die unschädlichen Formen, wie gewöhnlich angenommen wird, handelt, ob und welche andren ungünstigen Verhältnisse dabei obwalten, sind Fragen, auf die heute noch keine ausreichende Antwort gegeben werden kann; die Wissenschaft ist bisher nicht viel weiter als zur bloßen Kenntnis der Thatsache vorgedrungen.

Es ist ferner noch unentschieden, ob einem hohen Befund an Mikroben eine günstige oder ungünstige Deutung zukommt. Als günstig läßt sich derselbe in dem Sinne deuten, daß durch das Mikrobenleben der Umbildungsprozeß der Faulstoffe befördert, oder gar erst ermöglicht wird, und in dem andern, daß eine reiche Vegetation von Mikroben harmloser Art dem Bestehen pathogener Formen abträglich ist. Es dürfte bei der hier aufgeworfenen Frage ebenso sehr auf die Zahl der Arten von Mikroben, als auf die Menge derselben ankommen. Hohe Zahlen, wenn es sich dabei um einzelne wenige Arten handelt, dürften relativ unbedenklich sein, wogegen hohe Zahlen aus vielen Arten zusammengesetzt, und noch mehr geringe Zahlen aus vielen Arten zusammengesetzt, Bedenken hervorrufen müssen, weil mit der im Vergleich zur Gesamtzahl größer werdenden Menge der Arten die Wahrscheinlichkeit wächst, daß unter letzteren auch solche von pathogenen Formen vorhanden sein können.

§ 106. Von großer Bedeutung sowohl für die konstruktiven Anordnungen eines Kanalnetzes, als noch mehr für die Einrichtungen der Reinigungsanlagen von Schmutzwassern, sind die Schwebestoffe, welche das Kanalwasser enthält. Es kommt bei ihnen sowohl auf die Art als auf die Menge an. Spezifisch schwere Stoffe, namentlich wenn sie von geschlossener — nicht sperriger — Form sind, sinken zu Boden, nicht nur in stehendem Wasser, sondern auch bei einiger Wassergeschwindigkeit. Spezifisch leichte Stoffe, und alle Stoffe von sperriger Art sinken entweder gar nicht zu Boden oder doch erst auf mehr oder weniger langem Wege. Nähere Angaben sind folgende:

a) Gröberer Sand u. s. w. bedarf zur Mitführung 300—600 mm Wassergeschwindigkeit.

b) Feiner Sand wird bei Wassergeschwindigkeiten von 300 mm an mit fortgeführt und sinkt bei kleineren bald zu Boden.
c) Sand wird rasch niedergeschlagen, wenn die Wassergeschwindigkeit 150 mm nicht überschreitet; bei 2—3 mm Geschwindigkeit erfolgt starker Niederschlag.
d) Leichter Schlamm kann bei Geschwindigkeiten von 150—300 mm schwimmend bleiben, wird bei geringeren niedergeschlagen.
e) Papier, Stroh, Haare, Webestoffe, Gemüseabfälle sind Schwimmstoffe, die mitgeführt werden, bis sich ihrer Weiterbewegung ein Hindernis entgegenstellt.

Diese Angaben setzen immer voraus, daß der Wasserquerschnitt genügend groß ist, damit die Schwebestoffe nicht die Fassung (Sohle u. s. w.) des Wasserlaufs berühren. Wenn dies der Fall, ist der Zustand ein andrer.

§ 107. In den auf S. 165 mitgeteilten Analysen von Kanalwassern sind die Schwebestoffmengen in mineralische und organische geteilt angegeben. Scheidet man, um dem wirklichen Mittel einigermaßen nahe zu kommen, sowohl die zwei kleinsten als die zwei größten Werte aus, so finden sich die Durchschnittswerte:

für die mineralischen Stoffe zu 260,4 g
„ „ organischen „ „ 433,8 g } in 1 ccm Wasser.
insgesamt 694,2 g

Dem Gewichte nach sind an der Gesamtmenge die mineralischen Stoffe mit etwa 0,4, die organischen mit 0,6 beteiligt, ein Verhältnis das mit der Oertlichkeit großen Wechseln unterliegt, sich auch vollständig umkehren kann.

Für gewisse Zwecke ist es wichtig, das Volumen der Schwebestoffe — bezw. der beiden Bestandteile derselben zu kennen. Nimmt man für die mineralischen Stoffe das spezifische Gewicht = 1,3, für die organischen dasjenige von 1,03 an, Werte, die sich nicht allzuweit von der Wahrheit entfernen werden, so findet sich als Durchschnitt des spezifischen Gewichts der Schwebestoffe 1,13 und daraus:

$$\text{Volumen der mineralischen Stoffe} = 200 \text{ ccm} = \frac{200}{1\,000\,000} = \frac{1}{5000}$$

$$\text{„ „ organischen „} = 420 \text{ „} = \frac{420}{1\,000\,000} = \frac{1}{2380}$$

$$\text{Gesamtvolumen der Schwebestoffe} = 620 \text{ „} = \frac{620}{1\,000\,000} = \frac{1}{1613}.$$

Da gewisse Mengen der Schwebestoffe, sowohl spezifisch leichte als schwere, bereits in den Einlässen, bezw. in den Einsteigeschachten der Kanäle, in Sandfängen u. s. w. zurückgehalten werden, so stellen die obigen Zahlen nicht den vollen Anteil dar, den die Abwasser ursprünglich enthalten; dieselben müssen daher um gewisse Beträge vermehrt werden. Um wie viel, darüber bieten z. B. die Feststellungen einen Anhalt, welche beim Betriebe der Berliner Kanalisationswerke über die Mengen der aus den Kanälen und Sandfängen laufend entfernten Schwebestoffmengen gemacht werden. Dieselben betragen hier rund $\frac{1}{5000}$ der Abwassermenge, und wenn man diesen Betrag dem obigen Posten hinzurechnet, so erhält man als Volumen der mineralischen Stoffe $= \frac{1}{2500}$ und als Gesamtvolumen der Schwebestoffe $\frac{1}{2500} + \frac{1}{2380} = \frac{1}{1220}$, wofür rund $\frac{1}{1200}$ gesetzt werden darf.

Bei der besonderen Sorgfalt, welche in Berlin auf die Straßenreinigung verwendet wird, kann die Menge von $\frac{1}{5000}$ der aus den Kanälen u. s. w. direkt entfernten Schwebestoffe jedenfalls als ein Kleinstwert angesehen werden, der sich in andern Städten vielleicht auf das Anderthalb- oder auch Zweifache erhöht, d. h. auf $\frac{1}{3333}$ bezw. $\frac{1}{2500}$. Legt man diese Zahlen zu Grunde, so würde sich das Volumen der mineralischen Stoffe auf $\frac{1}{2000}$ bezw. $\frac{1}{1667}$ und damit das Gesamtvolumen der Schwebestoffe auf $\frac{1}{1090}$ bezw. $\frac{1}{980}$ erhöhen, wofür in runden Zahlen $\frac{1}{1100}$ bezw. $\frac{1}{1000}$ gesetzt werden kann.

Zwar kommen nach der Tabelle auf S. 165 Kanalwasser mit höheren Anteilen von Schwebestoffen als den hier ermittelten vor, ebensowohl aber auch solche mit geringeren Anteilen. Da aber Feststellungen, die beim Betriebe von Kläranlagen zahlreich gemacht worden sind, öfters die Zahl $\frac{1}{1500}$ oder $\frac{1}{1400}$ ergeben sollen, kann man die Zahlen $\frac{1}{1200}$ oder auch $\frac{1}{1000}$ als gute Mittelwerte annehmen, die wahrscheinlich öfter unter- als überschritten werden. Der höchste Satz bei sehr stark verunreinigten Kanalwassern (etwa in Trennsystemen) mag $\frac{1}{750}$ sein, der niedrigste, nur bei sehr hohem Wasserverbrauch und in Städten mit besonderem Reinlichkeitszustande der Straßen vorkommende, vielleicht $\frac{1}{4}$ desselben $= \frac{1}{3000}$.

Die Menge der in gelöster Form in den Kanalwassern enthaltenen Verunreinigungen geht (Tabelle S. 165) im allgemeinen über die Menge der Schwebestoffe hinaus. Und während die Befreiung der Wasser von letzteren verhältnismäßig einfach zu bewirken ist, bietet die Entfernung der in Lösung befindlichen Stoffe, ja selbst nur eines gewissen Teils derselben, beträchtliche Schwierigkeiten.

Das Eingehen auf die Reinigungsverfahren der Abwasser und die nach den Verschiedenheiten derselben angezeigten Besonderheiten derselben wird aber einer späteren Stelle des Buches vorbehalten.

3. Kapitel.

Meteorwasser im allgemeinen.

§ 108. Die atmosphärischen Niederschläge erfolgen in der Hauptsache in Form von Regen, meist nebensächlich in Form von Schnee.

Ihre Messung geschieht an meteorologischen Stationen, denen, für den Zweck der Messung der Niederschläge allein, besondere Stationen in größerer Anzahl hinzutreten.

Der Dienst der Niederschlagsbeobachtungen ist verhältnismäßig jung. In

Preußen nimmt derselbe eine gewisse, doch geringe Ausdehnung erst vom Jahre 1847 an, wo das Meteorologische Institut gegründet und zunächst 35 meteorologische Stationen errichtet wurden. Weiterhin nahmen mehrere einzelne Persönlichkeiten und Vereine — größtenteils im Interesse landwirtschaftlicher Zwecke — die Aufgabe in die Hand und errichteten in gewissen Bezirken neben den öffentlichen eine Anzahl privater Stationen. Doch blieb das Netz der Stationen bis in die 80er Jahre hinein recht lückenhaft. Eine systematische Ergänzung brachte erst diese Zeit und der Anfang der 90er Jahre, nachdem im Jahre 1887 das 1847 gegründete preußische Meteorologische Institut reorganisiert worden und dabei in seinen Arbeitsplan die Errichtung eines ganz Norddeutschland umfassenden Netzes von Regenstationen aufgenommen worden war. In ähnlicher Weise wie in Preußen dürfte sich der Vorgang in den übrigen deutschen Staaten vollzogen haben; auch in Oesterreich ist man in gleicher Weise vorgeschritten. 1879 errichtete dort das Ackerbauministerium in forstlichem Interesse eine größere Anzahl von Regenstationen.

Es verdient Erwähnung, daß bis zur neueren Zeit bei den meteorologischen Beobachtungen auf die wichtigen Zwecke der Bautechnik Rücksicht kaum genommen wurde. Die Anregung dazu wird besonders einer Anzahl von Ueberschwemmungen verdankt, welche in der ersten Hälfte der 80er Jahre vielfach große Verheerungen und Zerstörungen bedeutender Teile des Nationalvermögens mit sich brachten. Bei Erörterung der Mittel gegen die Wiederkehr solcher Ereignisse kam in erster Linie die Mangelhaftigkeit der Unterlagen, welche von den meteorologischen Instituten zu liefern sind, zur Sprache. Hierdurch wurde eine Reorganisation dieser Institute angeregt, womit — als erster unter den deutschen Staaten — Baden (1883) vorgegangen ist. Erst 1887 folgte Preußen; 1893 ist in Oesterreich ein hydrographisches Zentralbureau errichtet worden.

Die kurze Mitteilung der geschichtlichen Thatsachen erfolgt an dieser Stelle teils zu dem Zwecke, um darin ein Moment für die Beurteilung des Wertes von betreffenden Angaben aus früherer Zeit zu liefern. Es mag zu demselben Zwecke sogleich hinzugefügt werden, daß die älteren Beobachtungen nicht mit Instrumenten gleicher Einrichtungen, noch auch im übrigen in übereinstimmender Weise ausgeführt worden sind, daher die genaue Vergleichbarkeit von betreffenden Zahlen zuweilen bedenklich ist. Eine gewisse Einheitlichkeit in diesen Dingen hat erst das Jahr 1873 gebracht, in welchem der erste — zu Wien abgehaltene — Meteorologenkongreß einige allgemeine Normen aufstellte.

Eine ausreichende Uebereinstimmung mit den Niederschlagsbeobachtungen in Deutschland weisen diejenigen in Oesterreich-Ungarn auf. Deutsche und österreichisch-ungarische Beobachtungsergebnisse, sowohl aus älterer als neuerer Zeit, sind daher als gleichwertig anzusehen.

Im Jahre 1893 bestanden im Königreich Preußen 1779 Stationen, an welchen laufend Niederschlagsbeobachtungen angestellt wurden, im Königreich Sachsen 236 und im Großherzogtum Baden 47 Stationen In kleineren deutschen Staaten war in 1893 die Zahl der Beobachtungsstationen, deren Material von dem preußischen Meteorologischen Institut mit verarbeitet wird:

Braunschweig	31	Schwarzburg-Rudolstadt	8
Mecklenburg-Schwerin	30	Lübeck	7
Sachsen-Koburg-Gotha	15	Schwarzburg-Sondershausen	6
Anhalt	13	Hessen	5
Fürstentum Lippe	11	Mecklenburg-Strelitz	5
Oldenburg	9	Bremen	2
Sachsen-Meiningen	9	Altenburg	1
Sachsen-Weimar	8	Schaumburg-Lippe	1

Bis 1896 ist die Zahl der Stationen, deren Beobachtungsmaterial dem preußischen Meteorologischen Institut zugeht, auf 2020 gestiegen. In Preußen entfällt 1 Station durchschnittlich auf 196 qkm (Quadrat von 14 km Seitenlänge); in der Verteilung auf die einzelnen Gegenden kommen aber große Verschiedenheiten vor. Im norddeutschen Flachlande kommt 1 Station auf 250—350 qkm, in Landesteilen mit größeren Höhenunterschieden auf 80—100 qkm, endlich in Gebirgsgegenden auf 30—60 qkm, In den einzelnen Bezirken geringer Größe wechselt aber die Dichte des Beobachtungsnetzes in viel weiteren Grenzen als hier angegeben. In Baden entfällt 1 Station auf 306, in Sachsen schon auf 649 km.

In Oesterreich (ohne Ungarn) wurden 1893 die Beobachtungen von 660 Stationen veröffentlicht.

Es bedarf kaum der Hervorhebung, daß diese Ungleichheit in der Verteilung der Stationen in die Beobachtungsergebnisse ein Moment der Unsicherheit hineinträgt, indem es vom Zufall abhängig wird, ob in Gegenden, in denen das Netz der Stationen große Lücken aufweist, manche Niederschläge überhaupt zur Beobachtung gelangen, die in Gegenden mit dichtem Netz der Beobachtung nicht entgehen. Wenn beachtet wird, daß schwere Gewitterregen oft nur eine Ausdehnung von 10—20 qkm und weniger Ausdehnung erreichen, so ist klar, daß gerade solche Regen — denen für unsern Zweck die größte Bedeutung zukommt — vielfach unbeobachtet vorübergehen können. Dieser Fehler kann erst im Laufe einer sehr langen Reihe von Beobachtungsjahren zum Ausgleich gelangen.

Die Messung der Niederschläge erfolgt nur einmal täglich, und zwar morgens 7 Uhr. Das Ergebnis der Messung wird an den preußischen Stationen dem Messungstage selbst zugeschrieben, in Baden dem vorhergehenden Tage, so daß vielfach Nichtübereinstimmung zwischen dem Tage des Regenfalls und dem Tage der Messung bestehen wird. Dieser schwer vermeidliche Mangel an Beobachtungsergebnissen ist aber weniger ins Gewicht fallend als derjenige, daß man in den Meßzahlen nur das zusammengefaßte Ergebnis von 24 Stunden vor sich hat und keine Trennung nach einzelnen Perioden, in denen die Gesamtmenge gefallen ist, ausführen kann. Es pflegen freilich an vielen Stationen die Ergebnisse besonders heftiger Regenfälle von kurzer Dauer besonders gemessen zu werden; doch ist auch in diesem Falle keine Sicherheit dafür gegeben, daß alle derartigen Regenfälle zur besonderen Messung kommen. Zahlreiche Regenfälle von nicht außergewöhnlicher Heftigkeit, aber einiger Dauer — die für unsern Zweck gleichfalls große Bedeutung besitzen — bleiben unbeobachtet; jedenfalls gilt dies, wenn dieselben während der Nachtstunden niedergehen.

Regenmengen von einer gewissen unteren Grenze ab bleiben ungemessen. Bei den preußischen Stationen sieht man von der Messung aller Regen ab, die weniger als 0,2 mm Höhe geben. In Baden ist dagegen 0,1 mm als untere Grenze angenommen.

Einen großen Einfluß auf das Resultat der Niederschlagsmessungen üben Form und Aufstellungsweise der Instrumente*). In Bezug auf beide Faktoren wird aber in neuerer Zeit eine möglichst weit gehende Uebereinstimmung, wenigstens an den einer Zentralstelle unterstellten Stationen angestrebt. Hinsichtlich der Form der Instrumente (Auffanggefäß) ist diese verhältnismäßig leicht zu bewirken, viel weniger leicht in Bezug auf die Aufstellungsweise derselben: ob in geschützter oder freier Oertlichkeit, in etwas größerer oder in geringerer Höhe über Erdgleiche.

Einige der Unsicherheiten in den Messungsergebnissen sind, wie man sieht,

*) Vergl. u. a.: Hellmann, Bericht über vergleichende Beobachtungen an Regenmessern verschiedener Konstruktion in Groß-Lichterfelde. Berlin 1890.

bleibender Art; andre kommen in längerer Dauer der Beobachtung zum Ausgleich. Da aber in den jährlichen Niederschlagsmengen — und noch mehr in den auf kürzere Zeiträume entfallenden Mengen — an einem und demselben Ort große Ungleichheiten beobachtet werden — gegen den Jahresdurchschnitt 35 % und darüber weniger, und auch ebensoviel mehr, in dem Zeitraume von 1/4 Jahr Abweichungen vom Mittel von 100 % und darüber sowohl nach unten als nach oben — und da ferner in den Niederschlagsmengen eine gewisse Periodicität mit mehrjähriger Dauer der Perioden stattzufinden scheint, so ersieht sich, daß zuverlässige Zahlen nur aus langen Jahresreihen zu gewinnen sind. Reihen aus weniger als 20 Jahren können jedenfalls noch größere Unsicherheiten anhaften. Indessen spricht hierbei die Oertlichkeit, ob Küsten- oder Binnenland, ob Flach- oder Gebirgsland, ob Waldland, Ackerland, feuchtes Gebiet, oder Gebiet mit großen Wasserflächen, bedeutend mit. In rauhen Berglagen werden Ungleichheiten viel stärker hervortreten als im gewöhnlichen Flachlande.

Wie die Niederschlagsmenge weist auch die zeitliche Verteilung derselben auf das Jahr große Ungleichmäßigkeiten für denselben Ort auf; auch für den Ausgleich dieser Unterschiede sind längere Jahresreihen als 20 erforderlich.

Meitzen*) macht zu diesem Gegenstande folgende Angaben:

In 13 Städten, die in dem langen Landstrich von Trier über Berlin nach Königsberg i. Pr. verteilt liegen, wurden folgende größte Abweichungen von den Mitteln (Durchschnittszahlen) beobachtet:

Für die einzelnen Monate:

April $\begin{cases} -\ 86,5\ \% \\ +181,1\ \text{„} \end{cases}$; Mai $\begin{cases} -\ 78,8\ \% \\ +138,5\ \text{„} \end{cases}$; Juni $\begin{cases} -\ 76,9\ \% \\ +136,9\ \text{„} \end{cases}$; Juli $\begin{cases} -\ 78,4\ \% \\ +155,4\ \text{„} \end{cases}$

Für das ganze Jahr: $\begin{cases} -34,7\ \% \\ +35,0\ \text{„} \end{cases}$

In der Periode von 40 Jahren kamen in der Provinz Posen als größte Jahresabweichungen vom Mittel sogar — 42,8 % und + 27,6 %, und an der einen Station Cleve in demselben Zeitraum — 39,9 % und + 39,8 % vor.

§ 109. Für den Zweck des vorliegenden Buches kommt der Summe der Jahresniederschläge an einzelnen Orten keine spezielle Bedeutung zu; es wird deshalb auch von der Mitteilung betreffender Einzelzahlen abgesehen. Für das Gebiet des preußischen Staates finden sich die betreffenden Zahlen, gut geordnet, in dem oben angeführten Werke von Meitzen, auf welches verwiesen wird. Nur einige allgemeine Andeutungen seien gegeben. Die Niederschlagshöhe wächst mit Annäherung an die Küste. Im oberen Binnenlande östlich der Elbe beträgt dieselbe wenig über 500 mm; nahe der Ostseeküste erreicht sie 600 mm; die holsteinische Ostküste hat 680 mm, die Westküste dagegen 750 mm Regenhöhe. Das Gebirgsland hat ebenfalls größere Regenhöhen als das binnenländische Flachland. Hier aber spielt der Umstand eine wesentliche Rolle, ob der Hang den regenreichen Winden zu- oder abgekehrt ist. Das Leinegebiet hat nur 550 mm Regenhöhe, dagegen das unmittelbar benachbarte Gebirge des Sollinger Waldes 850 mm. Die südöstliche bis nordöstliche Seite des Harzes, sowie die Thüringensche Berglandschaft haben nur 460 mm Regenhöhe; nur wenig entfernt davon, im Elbegebiet, erhebt sich die Regenhöhe auf 520 und 550 mm. Jn 600 m Meereshöhe hat der Harz auf der dem Ozean zugekehrten Seite 1400 mm Regenhöhe, ebensoviel als das von der See etwa 3mal so weit entfernt liegende Riesengebirge erst in 1600 mm Seehöhe erhält.

Die vorstehenden Angaben beziehen sich auf landschaftliche Gebiete von größerer

*) Meitzen, Der Boden und die landwirtschaftlichen Verhältnisse des preußischen Staats Bd. 5.

Ausdehnung, die schon dadurch eine gewisse Unabhängigkeit voneinander besitzen können. Aber auch Oertlichkeiten, die nur wenige Kilometer voneinander entfernt liegen, weisen beträchtliche Unterschiede in den Jahresregenhöhen auf. Um ein Beispiel anzuführen, sei mitgeteilt, daß zwei Stationen im Westen Berlins, von denen die eine in unmittelbarer Nachbarschaft der Spree und einer Waldlandschaft liegt, während die andre etwas entfernt von der Spree und frei liegt, gleichmäßig einen Unterschied der Jahresregenhöhe von etwa 100 mm aufweisen, obwohl die Entfernung zwischen beiden Stationen in der Luftlinie gemessen nicht mehr als 4 km beträgt.

Das Vorstehende genügt zum Erweise, daß selbst die Jahres regenhöhen, in welchen vermöge der Zeitdauer sich ein Ausgleich stark geltend macht, von rein örtlichen Besonderheiten bedeutend beeinflußt werden. Um wie viel stärker werden solche Einflüsse zur Geltung gelangen, wenn man kürzere Zeitperioden (Monate oder Wochen) in Betracht zieht! Es folgt daraus, daß die Uebertragung der an einer Regenstation ermittelten Niederschlagshöhen — handele es sich dabei um Jahre oder um kürzere Zeiträume — auf einen Ort, welcher von der Station nur 10 oder 20 km entfernt liegt, immer eine gewisse Vorsicht und Würdigung örtlicher Besonderheiten bedingt, wenn man nicht Gefahr laufen will, in gröbere Fehler zu verfallen*).

Man mag ferner aus den vorstehenden Angaben den Schluß ziehen, daß die gegenwärtig noch herrschende Weitmaschigkeit in dem Netze der Regenstationen für die Zwecke städtischer Entwässerungsanlagen einen Mangel bildet, der sich unter Umständen sehr empfindlich geltend machen kann.

§ 110. Von mehr Interesse als die Jahresmenge der Niederschläge ist die Verteilung derselben auf kürzere Zeitabschnitte: zunächst Monate und Tage. Denn die Zerlegung in Teile gewährt einen gewissen Aufschluß darüber, zu welchen Zeiten Niederschläge erfolgen, auch Aufschluß über die sogen. Regenwahrscheinlichkeit, und daneben einen gewissen Einblick in die Art der Niederschläge, d. h. ob es sich vorwiegend um sogen. Gewitterregen mit kurzer Dauer aber großer Dichte (Intensität), oder um sogen. Landregen, welche länger anhalten, aber geringe Dichte haben, handelt. Sommerregen werden zumeist Gewitterregen sein, die Regenfälle zu andern Jahreszeiten vorwiegend der Klasse der Landregen zuzählen. Meitzen (a. a. O.) sondert die Beobachtungen von 40 Regenstationen, welche über das ganze preußische Staatsgebiet zerstreut liegen, in 8 Gruppen von möglichst übereinstimmendem Charakter und findet danach hinsichtlich der Regenverteilung auf die einzelnen Monate des Jahres folgende Zahlen.

	Es fallen von der Regenmenge des Jahres Prozente im											
	Dez.	Januar	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.
Gruppe 1: Südwestdeutsche Landschaft (Birkenfeld u. s. w.).												
Grenzen . .	9—14	5—11	6—8	7—8	4—6	6—8	7—10	9—10	8—9	7—9	10	8—11
Durchschn.	**11,33**	8,00	7,00	7,66	5,00	7,00	8,33	9,66	8,66	8,00	**10,00**	**9,33**
Gruppe 2: Holstein und Nordseeinseln.												
Grenzen . .	9—11	6—8	6—8	6—7	4—6	5—7	5—9	8—10	11—12	11—12	9—14	9—11
Durchschn.	9,80	7,00	6,60	6,60	4,80	6,00	7,20	8,20	**11,40**	**11,40**	**11,00**	**10,00**

*) Vergl. u. a. in den Jahresberichten des Berliner Zweigvereins der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft, 1884 ff., worin über die „Ergebnisse eines in der Umgegend von Berlin eingerichteten Regenfeldes" Mitteilungen gemacht werden.

	Es fallen von der Regenmenge des Jahres Prozente in											
	Dez.	Januar	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.
	Gruppe 3: Nordseeküste.											
Grenzen . .	7—9	6—7	5—6	5—8	4—6	6—8	8—10	9—11	12	10—14	9—12	8—10
Durchschn.	8,20	6,40	5,80	6,40	5,20	6,40	8,80	**10,00**	**12,00**	**10,40**	**11,20**	9,00
	Gruppe 4: Ostseeküste.											
Grenzen . .	7—9	5—8	5—7	5—7	4—7	7—9	9—11	9—12	12—14	8—13	7—9	7—10
Durchschn.	7,43	6,29	5,57	5,86	5,43	7,86	**10,14**	**11,14**	**13,14**	**10,43**	8,29	8,43
	Gruppe 5: Nördlicher Teil von Mitteldeutschland (Berlin, Hannover, Frankfurt, Köln).											
Grenzen . .	7—9	7—8	5—7	6—7	6—7	8—9	10—12	11—13	10—11	7—8	8—8	8—9
Durchschn.	8,00	7,00	6,25	6,50	6,25	8,50	**11,00**	**12,25**	**10,50**	**9,75**	8,00	8,50
	Gruppe 6: Westlicher Teil von Mitteldeutschland (Kreuznach, Marburg, Kassel)											
Grenzen . .	7—10	6—8	6	6—7	6—6	7—12	10—11	10—13	9—12	7—9	7—9	8—9
Durchschn.	8,66	7,33	6,00	6,33	6,00	**9,00**	**10,66**	**11,66**	**10,00**	8,00	8,00	8,33
	Gruppe 7: Ebenes Mitteldeutschland vom Osten zum Westen (Halle bis Posen).											
Grenzen . .	5—6	5—6	5—6	6—7	6—9	7—10	11—15	12—15	10—14	7—10	6—8	6—8
Durchschn.	5,83	5,17	5,66	6,50	6,83	**9,00**	**12,83**	**13,50**	**12,17**	8,33	6,83	7,17
	Gruppe 8: Harz und Riesengebirge.											
Grenzen . .	6—11	4—9	4—9	7—9	5—8	7—11	9—13	8—13	9—12	6—9	6—8	7—10
Durchschn.	8,43	6,29	6,71	8,00	6,71	**8,00**	**10,71**	**11,43**	**10,29**	7,71	7,29	8,43

Vermöge der in der Tabelle eingehaltenen Reihenfolge tritt die Verschiebung, welche in den „Regenmonaten“ nach den Besonderheiten der Landschaft stattfindet, deutlich hervor. Die südwestdeutsche Landschaft hat Winterregen, und zeichnet sich übrigens durch eine weitgehende Gleichmäßigkeit des Regenfalles der einzelnen Monate aus. — In den nördlichsten Gebietsteilen Deutschlands rückt die Regenzeit in den Herbst vor, erstreckt sich aber auch noch in den Sommer hinein; unter den einzelnen Monaten herrschen größere Verschiedenheiten. — Weiter gegen den Sommer hin verschieben sich an der Nordseeküste die Regenmonate (Gr. 3), und die Regenmenge, welche auf die einzelnen Monate trifft, ist oft ziemlich ausgeglichen. — Die Ostseeküste und der nördliche Teil von Mitteldeutschland (Gr. 4 und 5) haben ihre Regenzeit im Hochsommer; die Regenmengen der einzelnen Monate sind wenig ausgeglichen, woraus zu schließen, daß während in den Gr. 1—4 die Landregen vorherrschen, in den Gruppen 5 und 6 der Regen mehr als Gewitterregen fällt. — In dem größeren Teil von Mitteldeutschland (Gr. 6, 7, 8) beginnt die Regenperiode schon im Frühjahr mit dem Monat Mai und geht mit dem Sommer (August) aus; auch hier handelt es sich vorzugsweise um Gewitterregen, deren Maximum in den Monat Juli fällt.

Die Monatsmaxima bewegen sich meist zwischen 11 und 12 %, die Minima zwischen 5 und 6 %. Der dritte Teil des Jahres (Januar bis April) ist in ganz Deutschland relativ regenarm, ein zweites Drittel regenreich, nur ein Drittel erhält daher durchschnittliche Regenmengen.

§ 111. Ueber die Bedeutung, welche die vorstehend mitgeteilten Thatsachen für eine Reihe technischer Maßnahmen (die Straßenpflege u. s. w.) haben, geht die

Bedeutung einer andern Thatsache, der der Regenhäufigkeit, d. h. der mittleren Zahl der Tage mit Regenfällen in den einzelnen Monaten, noch hinaus. Hierzu seien folgende Zahlen als bloße Beispiele mitgeteilt:

Stadt	Es treffen Regentage auf die Monate												
	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Oktober	Novemb.	Zusammen
Wien	15	11	10	14	12	13	14	15	12	11	14	14	155
Heidelberg	11	15	14	13	17	13	15	18	14	11	17	15	173
Köln	12	10	10	11	10	11	11	12	11	9	11	11	130
Kassel	—	—	—	15	10	13	12	16	14	13	15	—	166
Leipzig	13	11	10	14	13	13	12	18	13	10	16	13	156
Berlin	16	14	13	15	12	12	14	14	14	12	14	14	164
Breslau	—	—	—	14	10	11	13	12	11	11	12	—	143
Hamburg	20	17	13	15	14	16	15	13	17	17	19	20	196
Kiel	—	—	—	17	12	14	14	18	18	18	20	—	203
Swinemünde	—	—	—	15	10	13	13	17	16	14	17	—	178
Neufahrwasser (Danzig)	—	—	—	16	11	12	13	15	15	13	15	—	168

200 Regentage und darüber im Jahr werden nur in westlich gelegenen Küstenplätzen Deutschlands beobachtet; im Binnenlande hält sich die Zahl der Regentage in der Nähe von 150.

Je größer die Zahl der Regentage, um so gleichmäßiger ist die Verteilung des Niederschlags über das Jahr, je größer die dauernde Einhaltung eines gewissen Durchschnittszustandes, der für viele Maßregeln der Technik günstig ist. Andrerseits hat aber die größere Zahl der Regentage auch eine Vermehrung der Feuchtigkeit der Straßen, Höfe u. s. w., mithin auch verminderte Reinlichkeit und höheren Kostenaufwand für Reinhaltung der Straßen zur Folge.

§ 112. Aus der Zahl der Regentage eines Monats berechnet sich unter Zuhilfenahme der Regenhöhe desselben Monats ein Mittelsatz für die Niederschlagsmenge, die auf 1 Tag entfällt. Indem die Zahlen der Regentage in den einzelnen Monaten in viel engeren Grenzen schwanken als die Zahlen der Niederschlagsmengen, ersieht sich, daß die Regendichte in den einzelnen Monaten stark wechselt, etwas abgeschwächt auch nach den Jahreszeiten.

Nach Meitzen (a. a. O.) ergeben sich als Mittel aus den Regendichten eines Tages von 25 über das ganze preußische Staatsgebiet verteilten Regenstationen:

Dezember bis Februar (Winter) 3,22 mm; März bis Mai (Frühling) 3,58 mm; Juni bis August (Sommer) 5,48 mm; September bis November (Herbst) 4,12 mm.

Einen näheren Einblick in die Wechsel der Regendichte und die Häufigkeit, mit welchen gewisse Regendichten wiederkehren, gewährt das Beispiel Berlins. Aus der 44jährigen Beobachtungsperiode 1848—1891 entfallen auf 1 Jahr*):

13,4	Tage mit Niederschlägen von	0,0— 0,2	mm Höhe
42,0	„ „ „ „	0,3— 1,0	„ „
70,0	„ „ „ „	1,1— 5,0	„ „
25,0	„ „ „ „	5,1—10,0	„ „

*) Hellmann, Das Klima von Berlin. Abhandl. des Königl. Preuß. Meteorol. Instituts. Bd. 1, Nr. 4. Berlin.

7,0	Tage	mit Niederschlägen	von	10,1—15,0 mm Höhe
2,8	„	„ „	„	15,1—20,0 „ „
2,7	„	„ „	„	mehr als 20 mm Höhe
1,4	„	„ „	„	„ „ 25 „ „
0,7	„	„ „	„	„ „ 30 „ „

Nach Beobachtungen in Chemnitz während 1881—1886 entfallen dort auf 1 Jahr:

9	Tage mit Niederschlägen	> 15 mm in 1 Tag
5	„ „ „	> 20 „ „ „ „
3	„ „ „	> 25 „ „ „ „
2	„ „ „	> 30 „ „ „ „
1	„ „ „	> 35 „ „ „ „
1	„ „ „	> 40 „ „ „ „

und ebenso:

5	Tage mit Niederschlägen	> 10 mm in 1 Stunde
4	„ „ „	> 15 „ „ „ „
3	„ „ „	> 20 „ „ „ „
2	„ „ „	> 25 „ „ „ „
2	„ „ „	> 30 „ „ „ „
1	„ „ „	> 35 „ „ „ „

§ 113. Für den Betrieb einer Kanalisationsanlage ist es von Interesse, einige Kenntnis von der Dauer der Regen- und Trockenperioden zu besitzen, weil hiernach z. B. auf das Erfordernis künstlicher Spülungen der Anlage ein ungefährer Schluß gezogen werden kann. In Meitzen (a. a. O.) finden sich für zwei Stationen — eine im Westen: die Insel Borkum und eine im Osten: Breslau — die betreffenden Angaben zusammengestellt. Darnach gab es in der 10jährigen Beobachtungsperiode 1876—1885:

	In Borkum	In Breslau
Regen auf 1 Tag beschränkt	147	349
„ an 2 aufeinander folgenden Tagen	109	143
„ „ 3 „ „ „	73	106
„ „ 4 „ „ „	49	42
„ „ 5 „ „ „	40	16
„ „ 6 „ „ „	29	14
„ „ 7 „ „ „	25	6
„ „ 8 „ „ „	14	4
„ „ 9 „ „ „	15	2
„ „ 10 „ „ „	5	0
„ „ 11 „ „ „	2	0
„ „ 12 „ „ „	8	3
„ „ 13 „ „ „	5	0
„ „ 14 „ „ „	2	0
„ „ 15 „ „ „	3	1
„ „ 16—28 „ „ „	8	0

In derselben 10jährigen Periode wie vor kamen Perioden ohne Niederschläge (Trockenperioden) vor:

	In Borkum	In Breslau
Von 1tägiger Dauer . . .	217	232
„ 2 „ „ . . .	106	156
„ 3 „ „ . . .	66	79
„ 4 „ „ . . .	42	64
„ 5 „ „ . . .	23	50
„ 6 „ „ . . .	21	20
„ 7 „ „ . . .	15	29

		In Borkum	In Breslau
Von	8tägiger Dauer . . .	16	13
„	9 „ „ . . .	2	11
„	10 „ „ . . .	5	7
„	11 „ „ . . .	6	7
„	12 „ „ . . .	4	4
„	13 „ „ . . .	3	6
„	14 „ „ . . .	2	1
„	15 „ „ . . .	1	1
„	16 „ „ . . .	1	1
„	17 „ „ . . .	1	1
„	20 „ u. länger. Dauer	0	4

Eintägige Regenfälle und solche, die sich 2 oder 3 Tage hintereinander wiederholen, sind also im Osten bei weitem häufiger als im Westen. Bei Regenfällen, die sich über eine vier- und mehrtägige Periode erstrecken, kehrt sich das Bild jedoch um; solche sind im Westen die häufigeren. Dreiwöchentliche Regenperioden kommen im Osten überhaupt nicht vor, im Westen nicht selten.

Bei den Trockenperioden herrscht zwischen Westen und Osten kein so großer Unterschied wie bei den Regenperioden, wenigstens nicht in denjenigen von kürzerer Dauer. Indessen sind Trockenperioden von längerer Dauer im Osten häufiger als im Westen. Solche von 10 Tagen Dauer bis 25 Tage kamen in dem zu Grunde liegenden Zeitraum im Osten 32mal, im Westen dagegen nur 23mal vor.

Wird das Gebiet des preußischen Staates als Ganzes genommen, so übertrifft nach der Tabelle S. 175 die Zahl der Tage ohne Niederschlag diejenige mit Niederschlag; doch ist (nach Meitzen) bei Perioden von 2—4 Tagen Dauer die größere Wahrscheinlichkeit auf seiten solcher mit Niederschlag, eine Thatsache, die freilich aus den beiden letzten Tabellen nicht gefolgert werden kann.

Einen tieferen Einblick in die Dauer von Perioden ohne Niederschläge, bezw. mit sehr geringen Mengen solcher, kann man aus den Veröffentlichungen des preußischen Meteorologischen Instituts (Berlin, Asher) für das Jahr 1893 entnehmen; in diesem Jahre wurden Trockenperioden von so langer Dauer beobachtet, wie seit 1848 nicht vorgekommen waren. Am angeführten Ort werden als Dauerperioden solche Zeiträume bezeichnet, in denen kein meßbarer Niederschlag (weniger als 0,2 mm) fällt. Aus praktischen Gründen nimmt man etwa 14 Tage als untere Grenze einer Dauerperiode an. Dauert die Periode länger als 14 Tage, so bezeichnet man dieselbe als Trockenperiode, in die indessen auch noch Tage mit sehr geringfügigem — noch meßbarem — Niederschlag eingerechnet werden.

Nach dieser Einteilung tritt eine Dauerperiode in dem nordöstlichen Teile von Preußen durchschnittlich alle 2 Jahre ein, im Südwesten (Westfalen und Rheinland) dagegen in 2 Jahren je 2—3; die mitteldeutsche Landschaft nimmt Zwischenstellungen ein. Dauerperioden von 3wöchentlicher Dauer kamen im nordöstlichen Deutschland 1mal in je 15 Jahren, in Rheinland dagegen alle 3—4 Jahre vor. Die absolut längsten Dauerperioden bewegten sich in den Grenzen zwischen 24 und 37 Tagen. An den preußischen Stationen und denjenigen der benachbarten obengenannten kleineren Staaten, im ganzen an 1939 Stationen, wurden im Jahre 1893 1599 Trockenperioden beobachtet. Davon umfaßten:

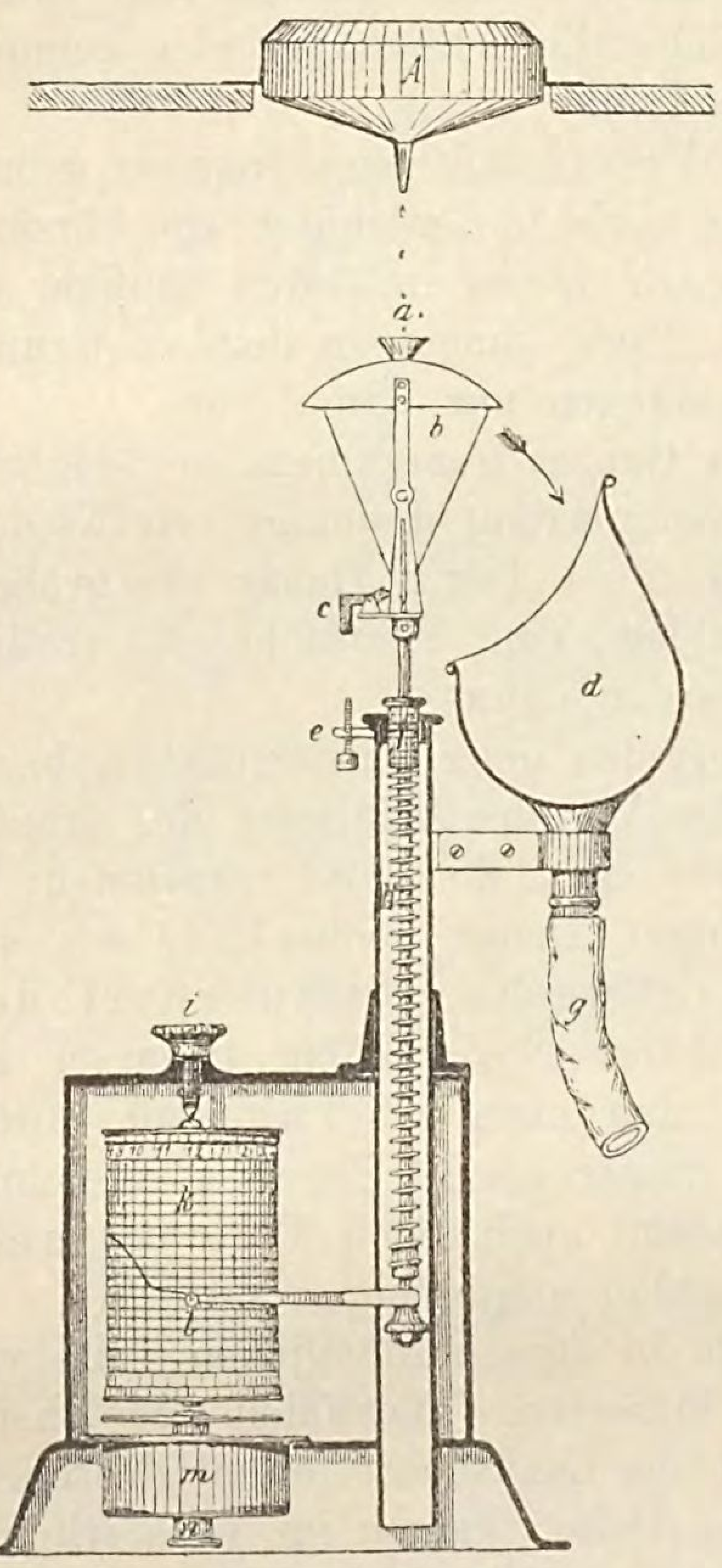
92 =	5,75 %	die Dauer von	15— 30 Tagen
368 =	23,00 „	„ „ „	30— 40 „
666 =	41,65 „	„ „ „	40— 50 „
336 =	21,00 „	„ „ „	50— 60 „
51 =	3,19 „	„ „ „	60— 70 „
54 =	3,38 „	„ „ „	70— 80 „
0 =	0,00 „	„ „ „	80— 90 „
31 =	1,97 „	„ „ „	90—100 „
1 =	0,06 „	„ „ „	über 100 „

Die minder langen Perioden entfallen auf das Gebiet östlich der Oder, die langen, teilweise 10 Wochen und darüber dauernden, auf das südwestliche Deutschland. Trockenperioden von 6—7 Wochen Dauer waren die häufigsten.

Genaueres zur Sache ist in der angegebenen Quelle nachzusehen.

§ 114. Die in den § 109—112 enthaltenen Mitteilungen befassen sich mit demjenigen, was allen Niederschlägen gemeinsam ist; sie gehen auf Niederschläge, welche der Wassermenge nach, die sie in kurzer Zeit liefern, als „außergewöhnliche“ bezeichnet werden müssen, nicht ein. Je nachdem man die Grenze mehr oder weniger weit nach unten legt, kann man Niederschläge hierher rechnen, die in 1stündiger Dauer 10 mm Regenhöhe und darüber ergeben, bezw. ergeben würden, wenn die Dauer des Niederschlags die Zeitdauer von 1 Stunde erreicht hätte; letzteres ist für außergewöhnlich heftige Niederschläge in der Regel nicht der Fall. Regenfälle solcher Art kommen kaum anders als in der Form von Gewitterregen vor; bei außergewöhnlicher Schwere werden Gewitter vom Volksmunde als „Wolkenbrüche“ bezeichnet.

Fig. 9.



Sichere Angaben über außergewöhnliche Niederschläge sind in der Litteratur nur spärlich zu finden; die Unsicherheit bezieht sich insbesondere auf die Dauer solcher Niederschläge. Letztere liegt in der Beobachtungsweise, die nur auf die einfache Feststellung von Tagessummen eingerichtet ist, und es im allgemeinen dem guten Willen des Beobachters überläßt, auch zwischenzeitliche, mit Mühe verbundene Feststellungen zu machen. Diese Lücke der Beobachtungen würde mit Sicherheit auch nur durch die allgemeine Einführung selbstregistrierender Regenmesser auszufüllen sein, die bei den großen Kosten solcher Apparate bisher nur ausnahmsweise angewendet werden.

Eine von Maurer herrührende Konstruktion eines solchen Regenmessers, die von der mechanischen Werkstatt von Hottinger & Co. in Zürich ausgeführt wird, ist in Fig. 9 dargestellt. Darin ist *a* das Auffanggefäß (von 250 qcm Größe), aus welchem der Niederschlag in ein Kippgefäß *b* entleert wird. Letzteres faßt genau 500 ccm Wasser, unter dessen Gewicht es sich so weit senkt, bis ein kleiner Kniehebel *c* eine Schraube *e* berührt, und dadurch das Ausschütten des Wassers in ein seitlich aufgestelltes Gefäß *d* bewirkt. Das Kippgefäß stützt sich auf eine Spiralfeder, die ihrerseits einen Arm auf und nieder bewegt, der einen Schreibstift *l* trägt. Jedes Ausgießen der Kippschale wird durch den Stift auf einem Papierbogen (als senkrechte Linie) verzeichnet, der um eine Trommel gelegt ist, die durch ein Uhrwerk beständig in Drehung erhalten wird. Der Abstand je zweier Striche markiert daher die Zeit, welche zwischen zwei Ausgüssen der Kippschale verflossen ist, und giebt Auskunft nicht nur über die Gesamtmenge, sondern auch über die — wechselnde — Intensität des Niederschlags.

Beides: Gesamtmenge und Intensität eines Regenfalles sind für die Technik von großer Wichtigkeit; diese kann daher nur wünschen, daß als Ziel die allgemeine Verwendung von selbstregistrierenden Regenmessern verfolgt werde.

In etwas gemildertem Sinne können als außergewöhnliche Niederschläge auch noch solche bezeichnet werden, die während eines Tages die Regenhöhe von 20 mm und darüber ergeben; die Zurechnung zu den außergewöhnlichen Niederschlägen rechtfertigt sich durch den Umstand, daß es sich dabei in der Regel nicht um eine mehr oder weniger gleichmäßige Verteilung auf die Dauer des ganzen Tages handelt, sondern der Hauptteil des Niederschlags in einen verhältnismäßig kurzen Zeitraum — einige Stunden — fällt.

Es liegt über außergewöhnliche Niederschläge eine Sonderveröffentlichung von Hellmann*) vor, die Mitteilungen über größere Niederschläge sowohl eines Monats, als eines Tages, als auch kürzerer Zeiträume (Stunden) enthält und sowohl bezügliche Beobachtungen aus ganz Deutschland, als auch aus Oesterreich-Ungarn berücksichtigt.

Was Zahlen für einzelne Orte betrifft, so ist auf die angegebene Quelle zu verweisen; hier kann im allgemeinen nur auf die Gesamtergebnisse und die Schlußfolgerungen, die sich aus dem zusammengestellten Material ziehen lassen, eingegangen werden.

§ 115. In der 36jährigen Periode 1848—1883 wurden an 42 preußischen Stationen, die sämtlich im Flachlande liegen, die größten täglichen Niederschlagshöhen in den Grenzen von 46—116 mm liegend gefunden; am häufigsten sind unter den Maxima Werte zwischen 60 und 70 mm vertreten. Wenn man die Mittelzahlen aus den für jede Station (bis 1883) gefundenen größten Regenhöhen berechnet, so bewegen sich diese in den Grenzen 25 und 51 mm; am häufigsten treten Werte zwischen 30 und 40 mm auf. Es läßt sich danach sagen, daß im ebenen Norddeutschland das mittlere Tagesmaximum der Regenfälle von 30—40 mm beträgt und der wahrscheinliche Wert desselben 35 mm ist.

Viel größer sind die möglichen Tagesmaxima. Hellmann (a. a. O.) folgert aus dem beigebrachten Material, daß im ebenen Norddeutschland überall ein Tagesmaximum von mindestens 100 mm gewärtigt werden muß, und daß im gebirgigen Norddeutschland häufig eine Erhöhung auf 150 mm erwartet werden kann. Im Harz ist (1855) ein Tagesregenfall von 248 mm, im Riesengebirge sind (1887) an mehreren Stationen Niederschläge, die zwischen 227 und 241 mm wechselten, festgestellt worden. Meitzen (a. a. O.) giebt für 17 preußische Stationen die Maxima der täglichen Regenhöhen zu 32—115 mm an und für 7 Stationen die in der Dauer von nur $12^1/_2$ Stunden gefallenen Regenhöhen zu 60—127 mm.

Aus dem Jahre 1892 liegt eine Beobachtung vor, daß schwere Regenfälle mehrere Tage hintereinander wiederkehren. An zwei ostpreußischen Stationen fielen in den 4 Tagen 19.—22. Juli nacheinander:

Engelstein . .	51,3 — 27,5 — 74,0 — 25,0 mm,	zusammen	177,8 mm Regen
Lablacken . .	30,9 — 35,5 — 76,0 — 24,6 „	„	167,0 „ „

Dieser sehr außergewöhnliche Regenfall erreichte auch eine ganz außergewöhnliche Ausdehnung, indem er sich fast über die ganze Provinz Ostpreußen (37 000 qkm Größe) ausbreitete; an einer Anzahl Stationen blieben die Regenmengen nicht weit hinter den oben mitgeteilten zurück. (Vergl. Ergebnisse der Niederschlagsbeobachtungen im Jahre 1892. Veröffentlichungen des K. Preuß. Meteorolog. Instituts. Berlin 1894.)

Wenn man die größten Regenmengen eines Tages auf die 24 Stunden desselben gleichmäßig verteilt, so ergeben sich, unter Annahme von 100 mm Niederschlag,

*) Hellmann, Größte Niederschlagsmengen in Deutschland u. s. w. Separatabdruck aus der Zeitschr. des Kgl. Preuß. Statist. Bureaus. Jahrg. 1884. Berlin 1884.

pro Stunde Regenhöhen von etwa 4 mm. Das ist eine Höhe, die von Landregen gewöhnlicher Dichte auch kaum erreicht zu werden pflegt, daher etwa die untere Grenze außergewöhnlicher Niederschläge kürzerer Dauer bezeichnet. Gerade die heftigeren Niederschläge kürzerer Dauer sind es aber, nach welchen die Abmessungen aller Hauptteile einer Kanalisationsanlage festgelegt werden; es ist deshalb notwendig, auf diese Art von Niederschlägen etwas näher einzugehen.

Einerlei, um welchen Ort es sich handelt, so kommen derartige Niederschläge — fast immer Gewitterregen — nur mehr oder weniger selten vor, um so seltener, je heftiger sie sind, d. h. je mehr Regen in kurzer Zeit, oder, genauer, eine je größere Regenhöhe dieselben in der Zeiteinheit liefern. Die heftigsten Regen dieser Art dauern erfahrungsmäßig, mit seltenen Ausnahmefällen, nicht länger als Bruchteile einer Stunde, während die weniger heftigen sich über mehrere Stunden erstrecken können. Diese Verschiedenheit giebt ein gut passendes Einteilungsmerkmal ab.

Bisher war es meist gebräuchlich, die Regendichte durch Zurückführung auf die Stunde als Einheit auszudrücken, auch bei denjenigen Regenfällen, die nur Bruchteile einer Stunde dauern. Es leuchtet ein, daß dies Verfahren Bilder liefern kann, welche sich von der Wirklichkeit allzuweit entfernen, und es scheint das neuere Verfahren von Hellmann passend gewählt, der für die Regen kürzerer Dauer die Minute als Zeiteinheit annimmt. Hellmann ordnet alle Regenfälle in 8 Gruppen ein, und zwar bezw. Regen von 1—5, 6—15, 16—30, 31—45, 46—60 Minuten, 1 St. 1′—2, 2 St. 1′—3 und mehr als 3 Stunden Dauer. Indem er aus den Beobachtungen an den preußischen Stationen in den 3 Jahren 1891—1893 aus jeder der 8 Gruppen die Regenfälle größter Intensität aussonderte, und danach bezw. 374, 398 und 464, insgesamt also 1236 Regenfälle in Betracht zog, ergab sich folgende Regendichte:

Regendauer	Millimeter Regenhöhe in 1 Minute			
	1891	1892	1893	alle 3 Jahre zusammen
1— 5 Minuten	3,90	1,32	3,52	3,49
6—15 „	2,13	1,37	2,36	2,11
16—30 „	2,09	1,00	1,27	1,52
31—45 „	1,07	0,90	0,82	0,92
46—60 „	1,06	0,73	0,69	0,83
1 Stunde 1 Minute bis 2 Stunden	0,55	0,91	0,80	0,80
2 Stunden 1 Minute bis 3 Stunden	0,52	0,46	0,40	0,47
3 „ 1 „ und mehr	0,29	0,25	0,30	0,28

Aus einer größeren Anzahl anderweiter Beobachtungen, zusammen 105, worunter auch die von Hellmann in der oben erwähnten Sonder-Veröffentlichung mitgeteilten einbegriffen sind, konnte Verfasser folgende Reihe berechnen:

Regendauer	Regenhöhe in 1 Minute
6—15 Minuten	1,50 mm
16—30 „	1,08 „
31—45 „	0,60 „
46—60 „	0,74 „
1 Stunde 1 Minute bis 2 Stunden	0,47 „
2 Stunden 1 Minute bis 3 Stunden	0,35 „
3 „ 1 „ „ 5 „	0,21 „
5 „ 1 „ „ 10 „	0,16 „
über 10 Stunden	0,11 „

Die Reihen weisen hinreichende Regelmäßigkeit auf; die letzte liefert aber erheblich kleinere Werte als die andern. Man ersieht aus den Reihen, daß mit der längeren Regendauer die Regendichte stark abnimmt, daß die allerkürzesten, nur ein paar Minuten dauernden Regen bis 4 mm Regenhöhe in 1 Minute ergeben können, solche bis 15 Minuten bis 2,5 mm, solche bis 30 Minuten bis 2 mm, solche bis 1 Stunde aber nur noch bis 1 mm. Regen von ein paar Stunden Dauer bringen es nicht mehr auf 1 mm Höhe und solche von 5 Stunden Dauer höchstens auf 0,25 mm. Diese Zahlen sind aber Durchschnittszahlen, von denen selbstverständlich in ganz außergewöhnlichen Fällen nach oben hin noch Abweichungen stattfinden.

Entsprechend dem allgemeinen Charakter der Zahlen muß man die Thatsache beachten, daß in kürzeren Zeitabschnitten als den oben angenommenen die Regendichte wesentliche Abweichungen von den mitgeteilten Durchschnitten aufweisen wird, und um so größere, je größer die Regendauer ist. Um eine klare Anschauung zu gewinnen, kann man einen Regenfall von stark wechselnder Dichte in mehrere einzelne Fälle zerlegen, von denen jeder seine besondere Dichte hat. Wenn z. B. in einem längeren Regenfall geringer Dichte ein kurzer Abschnitt mit großer Dichte vorkommt, so bietet dies Verfahren das einzige Mittel, um festlegen zu können, ob dieser Regen im stande war, eine Ueberfüllung der Kanäle hervorzurufen oder nicht.

Es ist nun in zahlreichen Fällen beobachtet worden, daß, bei nur einiger Dauer eines Regens, die größte, in einem kürzeren Zeitabschnitt stattfindende Regendichte etwa das Zweieinhalbfache der durchschnittlichen Regendichte erreicht. Bei einem 1stündigen Regenfall, der die durchschnittliche Dichte = 0,8 mm in 1 Minute erreicht, würde hiernach die größte, vielleicht nur während einiger Minuten stattfindende Dichte bis 2,5 . 0,8 = 2,0 mm in 1 Minute sich ergeben können, bei einem 30 Minuten dauernden sogar bis 2,5 . 1,5 = 3,75 mm. An den preußischen Stationen sind in den Jahren 1891 und 1892 thatsächlich Regendichten in 1 Minute beobachtet worden von bezw. 2,32 mm, 2,50 mm, 2,60 mm, 3,52 mm während 5 Minuten Dauer, und 2,32 mm, bezw. 3,90 mm während 3 Minuten Dauer. Mit der Dauer des Regenfalls erhöht sich der Unterschied zwischen der durchschnittlichen und der größten Regendichte bedeutend; man darf demzufolge die oben angegebene Zahl $2\frac{1}{2}$ nur bei Regenfällen, die bloß eine gewisse mäßige Zeitdauer erreichen, anwenden; wahrscheinlich ist 1 Stunde als obere Grenze der Anwendungsfähigkeit anzusehen.

Zum Erweis dieser Thatsache kann das Beispiel eines Regenfalles dienen, der am 3. Juni 1878 in Zürich niederging und bei 11 Stunden Dauer durchschnittlich 0,15 mm Regenhöhe in 1 Minute ergab. Dagegen fielen während der Zeitdauer von 30 Minuten 0,85 mm in 1 Minute und in nur 10 Minuten Dauer 1,27 mm minutlich. Hiernach würde die obige Verhältniszahl bezw. $5\frac{2}{3}$ und bezw. $8\frac{1}{2}$ gewesen sein, während wenn man 30 Minuten als Dauer des heftigen Regens auffasst, sich das Verhältnis = 1,27 : 0,85 = 1,5 ergeben würde.

Es ist versucht worden, die Beziehungen, welche zwischen der größten Regendichte und der Zeitdauer eines Regenfalles stattfinden, in einer mathematischen Formel zum Ausdruck zu bringen; solche Versuche sind namentlich von amerikanischen Ingenieuren gemacht worden*). Der einfachste, aber, wie man sieht, nur sehr rohe Ausdruck hat die Form:

$$D_m t = a,$$

und es bezeichnen in derselben D_m das Maximum der Regendichte, t die Zeitdauer des Regens, a eine Konstante, deren Wert den örtlichen Verhältnissen zu entnehmen

*) Kuichling, Report on the proposed Trunk-Sewer for the East-Side of the City of Rochester. Rochester 1889.

ist. Größere Annäherungen an die Wirklichkeit als diese Formel, in welcher D_m in demselben Verhältnis abnimmt, als t zunimmt, wird folgende Formel ermöglichen:

$$D_m = b - ct,$$

worin zwei Konstanten b und c vorkommen, deren Wert aus Beobachtungen einer größeren Anzahl von Fällen entnommen werden muß.

Es erscheint nicht zulässig, von Formeln, die auf rein lokalen Verhältnissen sich aufbauen, in andern Orten mit abweichenden Verhältnissen Gebrauch zu machen.

§ 116. Wie heftige Regenfälle nur beschränkte Dauer erreichen, so pflegen dieselben auch nur eine beschränkte räumliche Ausdehnung zu erreichen. Zu diesem Punkte liegt aber Beobachtungsmaterial bisher erklärlicherweise nur sehr spärlich vor. Was vorhanden ist, erweist, daß sehr heftige Regenfälle sich auch über weite Gebiete erstrecken können. Ein derartiger Fall ist bereits S. 179 erwähnt worden. Wie aber die Dichte eines und desselben Regens zeitlichen Wechseln unterworfen ist, so auch örtlichen. Immer bilden sich sogen. Regenzentren, in deren Umgebung die Regendichte diejenige in der weiteren Umgebung um ein Mehr oder Weniger übertrifft. Das Gebiet der größten Dichte ist immer von beschränkter Ausdehnung. Es kann, wie vielfache Beispiele lehren, auf ein paar hundert Hektaren beschränkt bleiben. Kuichling teilt ein paar andre mit*).

Ein Regen am 3. und 4 Oktober 1869 lieferte:

203 mm Regenhöhe auf einem Gebiet von	105 × 45 = 4725 qkm
228 „ „ „ „ „ „	80 × 34 = 2720 „
254 „ „ „ „ „ „	55 × 24 = 1320 „
280 „ „ „ „ „ „	32 × 14 = 448 „

Ein anderer Regen vom 10.—14. Februar 1886 ergab:

100—127 mm Regenhöhe auf einem Gebiet von	7120 qkm
152—178 „ „ „ „ „ „	3880 „
203 „ „ „ „ „ „	1940 „

Mit der Regendichte wird das Regengebiet enger. Da nun mit der Dichte die Regendauer abnimmt, ist zu folgern, daß Regen von kürzerer Dauer auch kleinere Ausdehnung haben. Je größer die Regendichte und je kleiner die Zeitdauer eines Regenfalls, um so kleiner wird das Gebiet sein, über welches derselbe sich erstreckt. Kuichling glaubt nach einigen Beobachtungen, daß Regen von 15 Minuten Dauer sich über ein Gebiet von 15 qkm (1500 ha) verbreiten können, eine Annahme, für die nach Beobachtungen auch in Deutschland einige Wahrscheinlichkeit besteht, von der aber auch große Abweichungen möglich sind. Es kommen Regenfälle kürzester Dauer vor, deren räumliche Ausdehnung nicht über einige wenige Quatratkilometer hinausreicht. Der Sicherheit wegen wird jedoch anzunehmen sein, daß, abgesehen von den Gebieten, welches Großstädte bedecken, selbst kleine heftige Regenfälle sich über das ganze Entwässerungsgebiet ausbreiten werden.

§ 117. Auch was die Häufigkeit schwerer Regenfälle betrifft, ist das vorliegende Material recht lückenhaft, besonders aus dem Grunde, daß Regenfälle, die während der Nachtstunden vorkommen, in der Regel nicht bemerkt werden und andere, die tagsüber vorkommen, absichtlich, oder weil kein Zwang vorliegt, als besonders schwere vermerkt worden. Nur unter einem entsprechenden Vorbehalt erfolgt daher

*) The Post Express. Rochester 1869.

hier die Mitteilung von einigen betreffenden Zahlenreihen; vorangestellt sind diejenigen Zahlen, welche von dem preußischen Meteorologischen Institut während des 3jährigen Zeitraumes 1891—1893 festgestellt worden sind.

Im ganzen handelt es sich in dem gesamten Beobachtungsgebiet (vergl. die Angaben über die Zahl der Regenstationen auf S. 170) um 1236 Fälle. Bei der Gliederung derselben nach der Regenhöhe erhält man folgende Zahlen:

Nr.	Regenhöhe pro Minute (mm)	Regenhöhe pro Stunde (mm)	Zahl der Fälle	Prozentsatz	Bemerkungen
1	0,08—0,16	4,8— 9,6	196	15,86	Nur die Regenfälle bis höchstens einschließlich Nr. 8 erreichen die Dauer von 1 Stunde; stärkere sind von kürzerer Dauer.
2	0,17—0,25	10,2—15,0	218	17,65	
3	0,26—0,33	15,6—20,0	211	17,08	
4	0,34—0,42	20,4—25,2	188	15,21	
5	0,43—0,50	25,8—30,0	115	9,30	
6	0,51—0,58	30,6—34,8	74	5,98	
7	0,59—0,67	35,4—40,2	50	4,04	
8	0,68—0,75	40,8—45,0	36	2,92	
9	0,76—0,83	—	34	2,75	Regenfälle von 0,75—1,50 mm Höhe (Nr. 9—17) pro Minute dauern von 1/4—1 Stunde.
10	0,84—0,91	—	27	2,19	
11	0,92—1,00	—	22	1,78	
12	1,01—1,08	—	10	0,89	
13	1,09—1,17	—	11	0,89	
14	1,18—1,25	—	6	0,49	
15	1,26—1,33	—	4	0,32	
16	1,34—1,41	—	6	0,49	
17	1,42—1,50	—	4	0,32	
18	1,51—1,59	—	4	0,32	Die noch stärkeren Regenfälle (Nr. 18—20) gehen in der Zeitdauer von 15 Minuten bis auf 3 Minuten herab. (Vergl. die Tabelle S. 180).
19	1,60—1,67	—	4	0,32	
20	1,68—2,00	—	3	0,24	
21	2,01—2,33	—	7	0,57	
22	2,34—2,67	—	3	0,24	
23	2,67—3,90	—	3	0,24	

Man ersieht aus der Zusammenstellung, daß die Regen mit der Zeitdauer bis etwa 1 Stunde 88% aller Fälle, die schwersten, weniger als 1 Stunde dauernden Regenfälle daher nur 12% aller Fälle ausmachen; letztere Fälle sind, entsprechend, nur selten zu erwarten, während auf häufigere Wiederkehr von Fällen, welche unter die 88% zählen, gerechnet werden muß. Aus dem veröffentlichten Material läßt sich ein ganz sicheres Bild von dieser Häufigkeit zwar nicht gewinnen, doch ein ungefähres. Denn die Tabelle ergiebt, daß unter 1236 Fällen zu erwarten sind bezw. entsprechend folgende Wahrscheinlichkeiten für die Erwartungen bestehen:

611 Fälle mit mehr als 20 mm Regenhöhe $= \frac{611}{1236}$, 0,4943

423 „	25	und übrigens wie folgt:	0,3422
308 „	30		0,2492
234 „	35		0,1893
184 „	40		0,1489
148 „	45		0,1197
114 „	50		0,0922
87 „	55		0,0704
95 „	60		0,0526
55 „	65		0,0445

(Wahrscheinlichkeit.)

44 Fälle mit mehr als 70 mm Regenhöhe $= \frac{611}{1236}$, 0,0356

und übrigens wie folgt:

Fälle mit mehr als	mm Regenhöhe	Wahrscheinlichkeit
38	75	0,0307
34	80	0,0275
28	85	0,0227
24	90	0,0124
20	95	0,0162
16	100	0,0129
13	120	0,0105
6	140	0,0049
3	160	0,0024

Wenn man nun die jedenfalls für das Flachland der Wirklichkeit nahekommende Annahme macht (vergl. Angaben S. 175, 176), daß ein Regenfall von über 20 mm in 1 Jahre $2^1/_2$ mal zu erwarten ist, so würden sich nach den obigen Wahrscheinlichkeiten die zu erwartenden Häufigkeiten schwerer Regenfälle wie folgt ergeben:

Mit mehr als	in 1 Jahr	oder in	
20 mm	2,50	2 Jahren	5
25 „	1,71	3 „	5
30 „	1,25	4 „	5
35 „	0,95	1 „	1
40 „	0,75	4 „	3
45 „	0,60	3 „	2
50 „	0,46	2 „	1
55 „	0,35	3 „	1
60 „	0,26	4 „	1
65 „	0,22	5 „	1
70 „	0,18	6 „	1
75 „	0,15	7 „	1
80 „	0,14	7 „	1
85 „	0,11	9 „	1
90 „	0,10	10 „	1
95 „	0,08	12 „	1
100 „	0,06	17 „	1
120 „	0,05	20 „	1
140 „	0,02	50 „	1
160 „	0,01	100 „	1

Selbstverständlich können die Zahlen ihrer Herleitung nach kein überall zutreffendes Bild gewähren, jedenfalls nicht für Gebirgslandschaften und Gegenden in der Nähe derselben; für das deutsche Flachland aber dürften sie einigermaßen zutreffend sein. Vereinzelt mögen die Häufigkeiten schwerer Regenfälle allerdings größer sein, als die Zahlen angeben; dem stehen aber auch Gegenden gegenüber, in denen die Häufigkeiten geringere sind.

Als Bestätigung können nachfolgende weitere Zahlenangaben dienen:

Unter 185 größeren Regenfällen, die von Kuichling (a. a. O.) in Betracht gezogen wurden, waren:

		welche	
131 =	70,81 %,	6,3 mm	Regenhöhe in 1 Stunde ergaben, bezw. ergeben haben würden.
18 =	9,73 „	8,5 „	
9 =	4,86 „	10,2 „	
7 =	3,78 „	12,7 „	
8 =	4,32 „	15,2 „	
10 =	5,41 „	17,0—23,0 mm	
2 =	1,09 „	25,4—38,6 „	

Ein gewisses Bild von der Häufigkeit, mit welcher schwere Regenfälle an einzelnen Orten wiederkehren, gewähren folgende Angaben:

In Stettin ergaben sich aus einer 15jährigen Beobachtungsreihe in 1 Jahr 5,33 Tage mit einer Regendichte von mehr als 13 mm. — In Köln ermittelte man

aus einer 33jährigen Beobachtungsreihe, daß im Jahre auf 2,2 Tage, an welchen mehr als 20 mm Regen fallen, zu rechnen ist. An 0,8 Tagen in 1 Jahr betrug die stündliche Regenhöhe mehr als 20 mm, an 0,42 Tagen mehr als 25 mm, an 0,4 Tagen 0,30 mm und an 0,125 Tagen 40 mm.

Kuichling teilt mit, daß unter 324 stärkeren Regenfällen, die in 40 aufeinander folgenden Jahren niedergingen, sich befanden:

3	mit Regenhöhen von	50 mm	in 1 Stunde,	also	0,075	Fälle	in 1 Jahr.
6	„ „ „	38	„ „ „	„	0,150	„	„ „ „
11	„ „ „	25	„ „ „	„	0,275	„	„ „ „

§ 118. Da die Regenhöhe von 1 mm auf 1 qm Fläche die Wassermenge von 1 l darstellt, so ergiebt dieselbe Höhe für 1 ha die Wassermenge von 10 cbm. Bei schweren Regenfällen können daher auf 1 ha in der Dauer von 1 Minute (vergl. Tabelle S. 180) von etwa 1,0 . 10 = 10 bis 4,0 . 10 = 40 cbm Wasser auf 1 ha niedergehen, oder sekundlich 17—66,7 l. Für 100 ha, die ein nur kleines Stadtgebiet darstellen, ergiebt das 1,7—6,7 cbm Wasser, eine Menge, derer unterer Grenzwert schon einen Kanalquerschnitt von nicht unter 1 qm Größe erforderlich machen würde, während es unthunlich ist, für den oberen Grenzwert den Raum in „geschlossenen" langen Kanälen zu beschaffen.

Es ersieht sich hieraus die Unmöglichkeit, den unterirdischen Kanälen so große Weiten zu geben, daß sie im stande sind, die größten zu erwartenden Regenmengen unmittelbar nach ihrem Niedergehen — gleichzeitig mit dem Regenfall — abzuführen. Die Unmöglichkeit bleibt sogar noch bestehen, wenn man für die Abflußdauer ein Mehrfaches der Regendauer — vielleicht das Drei- bis Vierfache derselben — annimmt, was bedingt, daß für etwa ebenso lange Zeit das Wasser die Straßen bedecken würde.

Man muß wegen der thatsächlichen Unmöglichkeit bei jeder Kanalisationsanlage darauf verzichten, für die schwersten Regenfälle die nötige Vorflut beschaffen, d. h. in der Weise beschaffen zu wollen, daß die Wasser in gleicher Zeitdauer mit dem Regenfall in die Kanäle aufnahmefähig sind, sich vielmehr damit begnügen, solche Einrichtungen zu treffen, daß nur die bei schwereren Regenfällen sich ergebenden Wassermengen sofort aufgenommen und abgeführt werden, dagegen für die bei den schwersten Regenfällen erfolgenden Wassermengen „Noteinrichtungen" treffen. Auch dann noch werden Fälle von örtlich begrenzten Straßenüberschwemmungen bestehen bleiben, bei denen das Wasser erst während einiger Zeit nach Beendigung des Regenfalls vollständig in die Kanäle aufgenommen wird.

Es ist daher die Aufgabe gestellt, eine Grenze zwischen schweren und schwersten Regenfällen zu ziehen.

Man erkennt leicht, daß diese Grenze nicht für alle Orte dieselbe sein kann, für ausgedehnte Orte sogar in verschiedenen Gebietsteilen verschieden zu wählen sein wird, wenn man rationell zu Werke gehen will. In verkehrsreichen Städten bezw. Stadtteilen mag es notwendig sein, daß Wasseransammlungen auf Straßen und Plätzen möglichst verhütet, oder doch auf möglichst kurze Zeiträume beschränkt werden. Für diese muß die Grenze jedenfalls „hoch" gelegt werden. Dasselbe ist mit Bezug auf niedrig und flach sich breitende Stadtteile oder Straßen der Fall, die außer dem „eigenen" Wasser vielleicht noch Wasser aus benachbarten höher gelegenen Stadtteilen aufzunehmen haben, auch wenn der Verkehr in den ersteren nur klein ist. In Städten oder Straßen mit erhöhter Lage wird ein nicht sogleich in die Kanäle aufnehmbarer Teil der Regenmenge seinen Weg an der Oberfläche nehmen und rasch verschwinden, sei es in offene Gewässer in der Nähe, sei es zu

Stellen mit natürlichen oder künstlichen Bodenvertiefungen, in denen sein vorläufiger Aufenthalt ohne Schädigung besonderer Zwecke geschehen kann; für solche Oertlichkeiten darf die Grenze zwischen schweren und schwersten Regenfällen „niedrig" gelegt werden. Weiter kommt bei der Feststellung noch die Oberflächenbeschaffenheit der Straßen u. s. w.: ob undurchlässig oder stark durchlässig, in Betracht. Im ersten Fall scheidet der Faktor der Versickerung mehr oder weniger vollständig aus, weshalb die Grenze hoch zu legen sein wird; im andern verschwindet ein mehr oder weniger großer Teil des Regenwassers im Boden, und darf die Grenze entsprechend niedrig gelegt werden.

Endlich kann die Beschaffenheit des Untergrundes mitsprechen, indem bei leicht bearbeitungsfähigem Boden mit tiefer Lage des Grundwassers technische Schwierigkeiten, die in den Baukosten zum Ausdruck kommen, entfallen, während in felsiger oder ähnlicher Beschaffenheit des Grundes, oder hoher Lage des Grundwassers Umstände gegeben sein können, welche Beschränkung der Kanalweiten und Kanallängen auf das kleinste Maß mehr oder weniger gebieterisch fordern. Im einen Fall darf man die Grenze hoch legen, im andern wird man dieselbe niedriger rücken müssen. An noch andern Faktoren, welche mitsprechen, wie z. B. die Tiefenlage der Kellersohlen in den Gebäuden, möge hier mit einer bloßen Andeutung vorübergegangen werden.

Ist ein Stadtgebiet von einem offenen Gewässer, vielleicht sogar mehreren durchzogen, so wird man diese gerne benutzen, um wenigstens einen Teil der Straßenwasser direkt aufzunehmen. In dieser Weise wird z. B. vielfach in England verfahren. Man bemißt die Kanalweiten nur für gewisse, nicht große Regenmengen, etwa 1 mm Höhe pro Stunde, und sorgt nur dafür, daß der nicht aufnehmbare Teil entweder direkt von der Straße aus, oder durch Vermittelung kurzer unterirdischer Einzelkanäle in die Wasserläufe abfließen kann.

Oefter hat man bei Bemessung der aufzunehmenden Wassermenge Regenhöhen pro Tag, oder auch $^1/_2$ Tag zu Grunde gelegt. Es ist anzunehmen, daß dies zuweilen geschehen ist, weil das vorliegende Beobachtungsmaterial keine hinreichende Auskunft über schwere Regenfälle von kürzerer Dauer enthielt. So hat man wohl mit 15—25 mm Regenhöhe pro Tag gerechnet und dann angenommen, daß dieser Regen in 8—12 Stunden fällt, bezw. in derselben Zeit von den Kanälen aufzunehmen ist; hie und da sind zur Sicherheit noch gewisse Zuschläge gemacht worden. Ein derartiges Verfahren muß grundsätzlich als falsch bezeichnet werden. Es ist zu fordern, daß die Straßen möglichst rasch wasserfrei, bezw. daß innerhalb kurzer Zeit größere Wassermengen abgeführt werden, anstatt geringerer auf längere Zeiträume verteilt. Dies führt notwendig dazu, nicht mit Tagesregenhöhen zu rechnen, sondern mit Regen von kurzer Dauer.

Geht man auf letztere ein, so fragt es sich, ob man die Regen kürzester Dauer oder solche von etwas verlängerter zu berücksichtigen hat. Ganz kurze Regen liefern in der Zeiteinheit so große Wassermengen, daß dieselben, wie oben dargelegt wurde, zum Teil zunächst an der Straßenoberfläche verbleiben müssen. Der Uebelstand ist auch überall erträglich, weil bei der Kürze der betreffenden Regenfälle, innerhalb deren, auch bei verlängerter Abflußdauer, das Wasser von den Straßen verschwindet, letztere vielfach noch nicht 1 Stunde erreichen und nur höchst selten darüber hinausgehen wird. Man denke z. B. an Regenfälle bis 15 Minuten Dauer, so wird das Verschwinden des Wassers von der Straße gewöhnlich schon in weniger als 1 Stunde erfolgen; sogar bei Regen bis etwa 20 Minuten Dauer wird dies noch der Fall sein, wenn es sich nicht um Oertlichkeiten ohne oder mit sehr geringem Straßengefälle handelt. Wo nur einiges Gefälle besteht und die Oberflächenbeschaffenheit der Straße dem Abfluß nicht allzu großen Widerstand entgegen-

setzt, kann man sogar annehmen, daß bei ½stündigem Regen die Straßen im Laufe von 1 Stunde oder wenig darüber wieder wasserfrei sein werden. Verkehrsstörungen von nicht größerem und noch etwas größerem Umfang müssen und können auch als unvermeidliche Uebel überall ertragen werden; man wird sie im allgemeinen lieber hinnehmen, als sehr erheblich gesteigerte Kosten für vermehrte Leistungsfähigkeit der Kanalisationsanlage tragen.

Danach hat sich in Deutschland fast allgemein die Uebung herausgestellt, für alle diejenigen Teile einer Kanalisationsanlage, die nicht den sogen. Noteinrichtungen zuzählen, Regenfälle von der Dauer von 1 Stunde zu berücksichtigen. Derartige Regenfälle liefern (Tabelle S. 180) Regenhöhen von 0,40—0,75 mm in der Minute und diese ergeben (Tabelle S. 183) von 24—45 mm Regenhöhe in 1 Stunde.

Die Rechnung mit derartigen Regenfällen rechtfertigt sich aus einem durchschlagenden Grunde: Will man wirtschaftlich verfahren, so darf eine Anlage nur für die normale Leistung bemessen sein und es muß für Ausnahmefälle durch Hilfs- oder Noteinrichtungen vorgekehrt werden. Nun erweist die Tabelle auf S. 184, daß schon bei den Regenfällen von 45 mm Höhe nur auf ein einmaliges Vorkommen im Jahr gerechnet zu werden braucht und noch stärkere Regenfälle erst in längeren Zwischenräumen als 1 Jahr wiederkehren. Es wird im allgemeinen unrationell sein, dauernde und kostspielige Einrichtungen für Fälle von solcher Seltenheit zu treffen, wenngleich es außer Frage steht, daß Fälle möglich sind, wo man berechtigterweise die gezogene Grenze überschreiten kann. Diese bilden jedoch die Ausnahme, die in Umständen von mancherlei Art begründet sein kann.

Wie es Ausnahmefälle nach oben geben wird, so auch nach unten hin. Bisher rechnete man in Deutschland vielfach mit letzteren; und wenn auch nicht zu bezweifeln ist, daß die Rechnung mit Regenfällen, welche unter der gezogenen Grenze liegen, oft ihre Berechtigung hat, so steht doch fest, daß oft auch mit Regenhöhen gerechnet worden ist, welche als zu gering erscheinen. 12, 15, 20, 25 mm stündliche Regenhöhe, die oft angenommen worden sind, haben sich nach den Beobachtungen über den Wasserabfluß in Kanälen an manchen Orten als zu gering erwiesen. Vielfach mögen dabei die Forderungen des Technikers finanziellen Rücksichten haben weichen müssen; doch ist es ebenfalls vorgekommen, daß es entweder an zuverlässigem Zahlenmaterial, oder an der nötigen Sorgfalt in der Abschätzung der verschiedenen Umstände und der möglichen üblen Folgen, welche zu geringe Annahmen mit sich bringen, gefehlt hat. Bei Anlagen aus der neueren Zeit sehen wir die Regenhöhen daher gewöhnlich auch höher gegriffen, als es in früherer Zeit meist üblich war.

§ 119. Die zweite Form der Niederschläge, der Schnee, ist hinsichtlich seiner Häufigkeit, Verteilung und Intensität ohne ein erhebliches Interesse für das vorliegende Werk insofern, als bei ihm Unregelmäßigkeiten sich in noch höherem Maße geltend machen, als bei den Regenfällen und als Fälle, in denen er für die Abmessungen der unterirdischen Kanäle bestimmend wäre, sehr selten vorkommen werden; hier handelt es sich um Ausnahmen für ganz bestimmte Oertlichkeiten. Sie können jedoch vorkommen, und es erscheint deshalb nicht überflüssig, hier etwas näher auf die Frage der Wasserhaltigkeit des Schnees, d. h. die Wassermenge, in die eine gewisse Schneemenge beim Auftauen umgewandelt wird, einzugehen. Die in der Litteratur vorkommende Angabe, daß einer Schneehöhe x eine Wasserhöhe $\frac{x}{15}$ oder $\frac{x}{14}$ entspricht, trifft nicht allgemein, sondern nur unter bestimmten Verhältnissen zu. Im allgemeinen ist dieselbe zu klein, wie durch umfassende Feststellungen erwiesen wird, die Hellmann hat ausführen lassen und deren

Ergebnisse in den Jahrgängen 1891—1893 des Königl. Preuß. Meteorologischen Instituts mitgeteilt sind.

Die Feststellungen sind an 18 Regenstationen laufend ausgeführt worden, an 11 Stationen bisher 3 Jahre lang, an 3 Stationen 2 Jahre lang und an 4 Stationen 1 Jahr hindurch. Die Stationen liegen über den größten Teil des Staatsgebiets verstreut, und die Zahl der bisherigen Feststellungen ist 958. Die Höhe der Schneeschicht wechselte zwischen den Grenzen 1 cm und 1,02 m; die aus allen Zahlen ermittelte Durchschnittshöhe ist 15,48 cm. Wenn man aber die extremen Fälle (alle Schneehöhen von 1 cm und solche über 75 cm) ausscheidet, so bleiben 858 Fälle, die eine durchschnittliche Schneehöhe von 15,95 cm ergeben. Bei Ausscheidung nur der (12) Fälle mit Schneehöhen über 75 cm findet sich als Durchschnittshöhe 14,33 cm. Man erhält den deutlichsten Ueberblick, wenn man die aus je 1 cm Schneehöhe gewonnene Wasserhöhe in Millimeter angiebt und alsdann die Ergebnisse nach der Verschiedenheit der Höhen in Gruppen sondert. Dabei entsteht folgende Tabelle, die für die Wasserhöhe Durchschnittszahlen angiebt:

Nr.	Wasserhöhe für 1 cm in Millimeter	Zahl der Fälle
1	bis 0,5	31 = 3,24 % der Gesamtzahl
2	0,6—1,0	151 = 15,77 „ „ „
3	1,1—1,5	246 = 25,61 „ „ „
4	1,6—2,0	219 = 22,86 „ „ „
5	2,1—2,5	141 = 14,72 „ „ „
6	2,6—3,0	83 = 8,67 „ „ „
7	3,1—3,5	59 = 6,16 „ „ „
8	3,6—4,0	23 = 2,40 „ „ „
9	4,1—4,5	8 = 0,84 „ „ „
10	4,6—5,0	5 = 0,52 „ „ „
11	über 5,0	2 = 0,21 „ „ „
		= 958 = 100

Nach der Gesamtzahl der Beobachtungen berechnet, ist die durchschnittliche Wasserhöhe $= \frac{1697,6}{958} = 1,772$ mm und danach das durchschnittliche Verhältnis: $\frac{\text{Wasserhöhe}}{\text{Schneehöhe}} = \frac{1,772}{15,48} = 0,114$, rund $\frac{1}{9}$. Bei den sehr großen Unterschieden, die sich nach der obigen Tabelle zeigen, wird es sich empfehlen, die extremen Fälle von der Durchschnittsberechnung auszuschließen. Läßt man die Fälle zu 1 bezw. 8 bis 11 oben fort, so erhält man:

als angenäherten Durchschnitt der Wasserhöhe $\frac{0,50 + 3,50}{2} = 2,00$,

und danach: $\frac{\text{Wasserhöhe}}{\text{Schneehöhe}} = \frac{2,00}{15,48} = 0,129$, rund $\frac{1}{8}$,

als genaueres Resultat aber die Wasserhöhe $= \frac{1587,2}{899} = 1,764$, oder

$\frac{\text{Wasserhöhe}}{\text{Schneehöhe}} = \frac{1,764}{15,48} = 0,114$, rund $\frac{1}{9}$ wie oben.

Bei Ausscheidung der Schneehöhen 1,0 cm und derjenigen 7,75 cm, bezw. nur der letzteren würde man die Verhältniszahlen:

$$0{,}114 \frac{15{,}48}{15{,}95} = 0{,}111, \text{ rund } \frac{1}{9} \text{ und } 0{,}114 \frac{15{,}48}{14{,}33} = 0{,}123, \text{ rund } \frac{1}{8}$$

erhalten. Danach wird die Wasserhöhe, sofern es nur auf eine Durchschnittszahl ankommt, am zutreffendsten zu $^1/_9$ der Schneehöhe anzunehmen sein. Die obige Tabelle erweist aber, daß die Annahme dieser Zahl unter Umständen zu groben Irrtümern führt; sie könnte die Wasserhöhe sowohl erheblich zu groß als auch erheblich zu klein angeben.

Bleibt man bei den (Durchschnitts-)Zahlen der Tabelle, so zeigt sich, daß selbst nach Fortlassung der Extreme die Wasserhöhe in den Grenzen von $\frac{0{,}50}{10} = \frac{1}{20}$ und $\frac{3{,}5}{10}$, etwa $\frac{1}{3}$ schwankt und wenn man in die Einzelzahlen der Beobachtungen eingeht, sogar in den Grenzen von:

$$\frac{0{,}20}{10} = \frac{1}{50} \text{ und } \frac{4{,}2}{10} = \frac{1}{2{,}4}.$$

Diese sehr großen Unterschiede kommen auf mancherlei Ursachen zurück. Es sind dabei die Schneehöhe, die Lagerungsdauer, die Temperatur, der Wind und endlich der Umstand beteiligt, ob mit dem Schnee zugleich oder nachträglich auf denselben nasse Niederschläge fallen. Die Beobachtungen erweisen, daß die Schneehöhe nur einen geringen Einfluß übt, der vorwiegende Einfluß auf Temperatur und Wind entfällt, die größte Beeinflussung aber stattfindet, wenn mit dem Schnee gleichzeitig Regen fällt. Der Einfluß längerer Lagerung ist aus dem Beobachtungsmaterial nicht feststellbar, weil es sich darin fast durchgehends um Fälle handelt, in denen der Schnee höchstens 24 Stunden gelagert hatte, da die Ermittelungen täglich früh stattgefunden haben.

Auf die Bedeutung von Schneefällen für die Straßenreinigung bezw. Einrichtungen zum Fortschaffen des Schnees wird erst im 2. Teil des Buches einzugehen sein. Hier sei nur noch erwähnt, daß man den Wassergehalt von Schnee, der durch darüber gegangenen Verkehr oder durch Zusammenliegen in Haufen eine größere Dichte erlangt hat, entsprechend den oben mitgeteilten Grenzzahlen auf $^1/_3$ bis $^2/_3$ annehmen kann, danach 1 cbm von solchem Schnee 333 bis 666 kg wiegen wird.

§ 120. Auf S. 100 ist aus den Normen der Königl. Wissenschaftlichen Deputation die Ansicht dieses Kollegiums über die Beschaffenheit des Wassers von Höfen und Straßen mitgeteilt, die darauf hinausläuft, solche Wasser, was ihre Gefährlichkeit in Bezug auf die Verbreitung von Infektionskrankheiten betrifft, auf gleiche Stufe mit den häuslichen Brauchwassern zu stellen. Auch wenn mit stattfindender Verdünnung die Infektionsgefahr vermindert werde, dürfe wegen der Möglichkeit, daß ein einziger Keim zum Weiterverbreiten einer Infektionskrankheit geeignet sei, infiziertes bezw. ungereinigtes Straßenwasser nicht in öffentliche Gewässer eingeleitet werden.

In Paris angestellte Untersuchungen*) haben das Ergebnis geliefert, daß das auf Straßen stehende Wasser stärker verunreinigt sein kann als Kanalwasser.

So wenig nach dem Vorstehenden anzunehmen ist, daß das Wasser von

*) Durand-Claye im „Bericht über den internationalen Kongreß f. Hygiene und Demographie zu Wien 1887“ Heft IV. Wien.

Straßen und aus der Umgebung von Häusern eine Beschaffenheit besitzt, welche dasselbe im Vergleich zur Beschaffenheit der häuslichen Brauchwasser als harmlos erscheinen läßt, ebensowenig ist es zulässig, die Beschaffenheit von Straßen- und Hofwasser allgemein auf eine und dieselbe Stufe mit häuslichen Brauchwassern zu stellen. Denn von der — zuzugebenden — Möglichkeit, daß ein einziger Keim zum Verbreiter einer Infektionskrankheit werden kann, ist die Wahrscheinlichkeit, daß dies geschieht, durchaus verschieden. Vom Standpunkte der Praxis betrachtet, wird man dem einzelnen Keime eine besondere Bedeutung kaum zugestehen, vielmehr einen beachtenswerten Grad der Gefahr erst dann annehmen, wenn eine gewisse Anzahl von Keimen vorhanden ist. Und nach dem Gesetz der Wahrscheinlichkeit vermindert sich die Gefahr in demselben Maße, als die Zahl der Möglichkeiten und die Zahl der Gelegenheiten abnimmt. Es wird niemand bestreiten wollen, daß die Anzahl der Gelegenheiten, welche sich dazu bieten, von Straßen- und Hofwasser aus infiziert zu werden, geringer ist, als die Anzahl der Gelegenheiten, von den viel näher zur Hand befindlichen verunreinigten Hauswassern infiziert zu werden. Muß schon hierdurch eine unterschiedlose Beurteilung und Behandlung der Straßen- und Hofwasser als nicht sehr zutreffend angesehen werden, so wird diese Auffassung noch dadurch bestärkt, daß im weiteren Fortgange eines Regenfalles das abfließende Wasser immer reiner wird und bei genügend langer Dauer eines Regens von einiger Dichte im „praktischen“ Sinne des Wortes „rein“ werden kann. Wann und wo dieser Zustand eintritt, ist von einer ganzen Reihe von Umständen abhängig, z. B. der Lage der Straße zum Meridian, freier oder geschützter Lage derselben, der Bewohnungsdichte der Stadt, der Straßenbreite und dem Straßenprofil, dem Gefälle derselben, der Pflasterbeschaffenheit, der Sorgfalt, welche auf Unterhaltung und Reinigung der Straße verwendet wird, der Verkehrsgröße und Verkehrsart. Es spricht weiter die Art und Größe der Regenfälle mit. Am ungünstigsten ist wahrscheinlich häufiger Wechsel zwischen Feuchtigkeit und Trockenheit; am günstigsten sind lange Trockenperioden mit darauffolgenden stärkeren Niederschlägen.

Aus der Vielheit der mitwirkenden Faktoren erkennt man, daß das Urteil über die Beschaffenheit des Straßen- und Hofwassers nicht in einer einzigen kurzen Formel zusammengefaßt werden kann, vielmehr jeder einzelne Fall für sich beurteilt werden muß. Wie es ganze Orte geben kann, aus denen das abfließende Straßen- und Hofwasser, vom praktischen Standpunkt beurteilt, harmlos ist, kann es auch ganze Orte geben, in denen das gerade Gegenteil stattfindet. Es können auch in demselben Stadtgebiet die Verhältnisse in verschiedenen Teilen desselben sehr ungleich liegen. Thatsächlich werden die Straßenwasser nicht nur aus verschiedenen Orten, sondern auch aus verschiedenen Stadtteilen, was ihre Beschaffenheit anbetrifft, eine wahre Musterkarte von größter Mannigfaltigkeit darstellen. Es gilt dies sowohl mit Bezug auf einen etwaigen Gehalt an Infektionskeimen, als in Bezug auf Schwebestoffe und in gelöster Form im Straßenwasser vorkommende Verunreinigungen.

Die zweite Form der Niederschläge, der gelagerte Schnee, wird im Vergleich zu Straßenwasser gewöhnlich als „rein“ angesehen. Dies ist jedoch irrig; im Gegenteil wird Schnee, der einige Zeit gelagert hat, gewöhnlich hohe Anteile von Schmutz enthalten und ebenso kann derselbe Träger von mehreren Arten höchst gefährlicher Keime sein; es gehören dazu auch Cholera- und Typhuskeime.

Auf die Nutzanwendungen, die sich aus dem Vorstehenden für die Behandlung der Straßen- und Hofwasser ergeben, wird erst an späterer Stelle einzugehen sein.

4. Kapitel.

Verdunstung und Versickerung; Festhalten von Meteorwasser an der Vegetation.

§ 121. Von dem Meteorwasser kommt nur ein Bruchteil zum Abfluß an der Oberfläche, da ein Teil verdunstet, ein andrer Teil einsickert, ein weiterer Teil die Bodenoberfläche deshalb nicht erreicht, weil er auf Pflanzenbestände (Feld und Garten, Bäume und Wälder) fällt, die ihn festhalten, endlich ein gewisser Teil nicht abfließt, weil er zur Bildung des nötigen Abflußgefälles verbraucht wird.

§ 122. Verdunstung. Die durch Verdunstung an der Regenmenge sich ergebende Minderung der Abflußmenge ist von einer großen Reihe von Umständen abhängig, in besonderem Maße von der Dauer des Regenfalls und von dem Sättigungsdefizit der Luft; alsdann kommt die Lage: ob frei oder geschützt, in Betracht.

Den beiden erstgenannten Größen läuft die Verdunstungsmenge einfach proportional. Ebenfalls ist dieselbe der Fläche proportional, von der die Verdunstung stattfindet. Geschlossene Wasserflächen werden danach geringere Verdunstungsmengen (bezogen auf die Wassermengen) liefern, als die Umflächen der Regentropfen selbst und die feuchten Bodenschichten von körniger Struktur; doch sprechen bei der Verdunstung, die aus Bodenschichten stattfindet, noch anderweite physikalische und chemische Faktoren mit (vergl. S. 59 ff.).

Das Sättigungsdefizit der Luft, d. h. der Unterschied zwischen der beim Zustande der Sättigung in der Luft vorhandenen Feuchtigkeitsmenge und der in derselben wirklich vorhandenen Menge, ist nur zum Teil durch die Temperatur bestimmt, zum andern Teile von der Lage der verdunstenden Flächen zum Meridian, und ferner davon abhängig, ob die Lage frei oder gedeckt ist, ob Windstille oder Luftbewegung stattfindet. Daher kann unter sehr verschiedenen Umständen Gleichheit des Sättigungsdefizits bestehen, wie die nachstehende Tabelle erweist.

Sättigungsdefizit bei Temperaturen von -20^0 bis $+40^0$.

Temperatur	Bei Sättigung vorhanden Gramm in 1 cbm Luft	Es fehlen zur Sättigung von 1 cbm Luft Gramm Feuchtigkeit, wenn anwesend sind 100 %	90 %	80 %	70 %	60 %	50 %	40 %	30 %	20 %	10 % Feuchtigkeit
−20°	1,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
−10	2,1	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	1,7	1,9
± 0	4,9	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,4	2,9	3,4	3,9	4,4
2	5,6	0,0	0,6	1,1	1,7	2,2	2,8	3,4	3,9	4,5	5,0
4	6,3	0,0	0,6	1,3	1,9	2,5	3,2	3,8	4,4	5,0	5,7
6	7,2	0,0	0,7	1,4	2,2	2,9	3,6	4,3	5,0	5,8	6,5
8	8,3	0,0	0,8	1,6	2,5	3,3	4,1	5,0	5,8	6,6	7,5
10	9,4	0,0	0,9	1,9	2,8	3,8	4,7	5,7	6,6	7,4	8,5
12	10,6	0,0	1,1	2,1	3,2	4,2	5,3	6,4	7,4	8,5	9,5
14	11,9	0,0	1,2	2,4	3,6	4,8	6,0	7,1	8,3	9,5	10,7
16	13,5	0,0	1,4	2,7	4,1	5,4	6,8	8,1	9,5	10,8	12,2

Temperatur	Bei Sättigung vorhanden Gramm in 1 cbm Luft	Es fehlen zur Sättigung von 1 cbm Luft Gramm Feuchtigkeit, wenn anwesend sind									
		100 %	90 %	80 %	70 %	60 %	50 %	40 %	30 %	20 %	10 %
		Feuchtigkeit									
18	15,2	0,0	1,5	3,0	4,6	6,1	7,6	9,1	10,6	12,2	13,7
20	17,2	0,0	1,7	3,4	5,2	6,9	8,6	10,3	12,0	13,8	15,5
22	19,4	0,0	1,9	3,9	5,8	7,8	9,7	11,6	13,6	15,5	17,5
24	21,5	0,0	2,2	4,3	6,5	8,6	10,8	12,9	15,1	17,2	19,4
26	24,2	0,0	2,4	4,8	7,3	9,7	12,1	14,5	16,9	19,4	21,8
28	27,5	0,0	2,8	5,5	8,3	11,0	13,8	16,5	19,3	22,0	24,8
30	30.1	0,0	3,0	6,0	11,8	12,0	15,1	18,1	21,1	24,1	27,1
35	39,4	0,0	3,9	7,9	11,8	15,8	19,7	23,6	27,6	31,5	35,5
40	50,7	0,0	5,1	10,1	15,2	20,3	25,4	30,4	35,5	40,6	45,6

Die Zahlen der Tabelle sind abgerundete, daher nicht völlig genau; auch werden unter den Angaben verschiedener Lehrbücher kleine Verschiedenheiten angetroffen. Meist wird das Sättigungsdefizit in Millimeter Quecksilbersäule ausgedrückt; es ist darunter diejenige Säulenhöhe verstanden, welche der wegen der fehlenden Feuchtigkeitsmenge entsprechenden Verminderung der Spannung das Gleichgewicht halten würde. Für das Intervall von — 20 bis + 40° besteht zwischen der Feuchtigkeitsmenge und der Spannung derselben sehr nahezu die Beziehung, daß 1 g Feuchtigkeit 1 mm Quecksilbersäulenhöhe entspricht. Um die Spannung in Millimeter Wassersäulen-Höhe anzugeben, würde man das in Gramm angegebene Gewicht der Feuchtigkeit mit 13,6 zu multiplizieren haben.

Beispiel. Einem bei 20° Temperatur und 70% Feuchtigkeit bestehenden Sättigungsdefizit von 5,2 g entspricht eine Spannung, die durch eine Quecksilbersäulenhöhe von 5,2 mm und eine Wassersäulenhöhe von 13,6 . 5,2 = 70,7 mm auszudrücken ist.

Da alles Wasser auf der Erde meteorischen Ursprungs ist und die verschiedenen Formen desselben (Regen, Tau, Schnee, Eis) nur Glieder eines Kreislaufes sind, wird die Verdunstungsmenge insgesamt mit der Niederschlagsmenge übereinstimmen müssen; doch kommen hiervon zeitlich und örtlich bedeutende Abweichungen vor, die erst in der Gesamtheit der meteorologischen Vorgänge ihren Ausgleich finden. Im allgemeinen kann man sagen, daß je kleiner die Fläche, je größer die Abweichung in kurzen Zeitabschnitten sein kann. Die Hauptrolle bei den Abweichungen spielen die Lage der betreffenden Fläche zum Meridian und der „Hang" derselben. Stark gereinigte, der Sonnenbestrahlung offenliegende Flächen liefern ein Vielfaches der Verdunstungsmengen von Flächen mit den Sonnenstrahlen abgekehrtem Hang. Auch der Bestand der Fläche mit Pflanzenwuchs und die spezifische Wärme des Bodens wirken wesentlich mit.

Theoretisch ist die Verdunstungsgröße von freien Wasserflächen neuerdings von Krebs behandelt worden*). Experimentell ermittelte Krebs aus zwei Versuchsreihen die auf 1° Temperaturunterschied in 24 Stunden entfallende Verdunstungsgröße bei kleinen Wasserflächen zu 0,39 bezw. 0,40 mm, bei großen jedoch fast 7mal höher, zu 2,69 mm. In 24 Stunden ermittelte zu Anfang April Krebs 10 mm Verdunstungshöhe auf großer freier Fläche, eine Höhe, die auch von andern Beobachtern in Frankreich und am Neuenburger See gefunden worden ist.

Beardmoore**) giebt für Emdrup (Dänemark) die monatlichen Verdunstungshöhen in Millimeter wie folgt an:

*) Krebs, Die Erhaltung der Mansfelder Seen, Leipzig 1894.

**) Beardmoore, Manual of Hydrology. London.

	Von freien Wasserflächen		von kurz gehaltenem Rasen		von lang gehaltenem Rasen	
	Durchsch.	Grenzen	Durchsch.	Grenzen	Durchsch.	Grenzen
Januar . . .	17,8	7,6 u. 27,9	17,8	5,1 u. 27,8	22,9	12,7 u. 27,9
Februar . .	12,7	2,5 „ 27,9	20,3	25 „ 27,8	15,2	10,2 „ 27,9
März . . .	22,9	12,7 „ 45,7	30,5	17,8 „ 40,6	35,6	20,3 „ 45,7
April . . .	50,8	25,4 „ 81,3	66,0	35,6 „ 109,2	66,0	40,6 „ 106,7
Mai	94,0	66,0 „ 129,5	104,1	88,8 „ 129,5	119,4	83,8 „ 152,4
Juni . . .	137,2	104,1 „ 167,6	139,7	114,3 „ 170,2	170,2	124,5 „ 228,6
Juli	132,1	107,5 „ 162,6	132,1	96,5 „ 170,2	236,2	121,9 „ 469,9
August . .	111,8	96,5 „ 142,2	119,4	99,1 „ 149,9	200,7	111,8 „ 317,5
September .	66,0	45,7 „ 81,3	71,1	45,7 „ 86,4	132,1	76,2 „ 208,3
Oktober . .	32,9	22,9 „ 43,2	33,0	25,4 „ 48,3	73,7	27,9 „ 111,8
November .	17,8	15,2 „ 22,9	17,8	15,2 „ 25.4	33,0	17,8 „ 50,8
Dezember .	12,7	5,1 „ 17,8	12,7	5,2 „ 17,8	12,7	7,6 „ 22,9
	= 708,7		= 764,5		= 1117,7	

An den Stauweihern in den Vogesen fand man jährlich 600 mm Verdunstungshöhe, wovon auf Januar—März 48 mm, April—Juni 216 mm, Juli—September 264 mm und Oktober—Dezember 72 mm entfallen.

Anderweit sind für freie Wasserflächen für eine Anzahl von Orten Jahresverdunstungshöhen ermittelt worden, die sich zwischen 400 und 2300 mm bewegen. Die meisten Zahlen liegen aber in den Grenzen 500 und 800 mm.

Für mitteleuropäische Orte scheinen 600—800 mm eine oft passende Mittelzahl zu sein; doch ersieht sich aus den großen Unterschieden der mitgeteilten Zahlen, daß die Grenzen, innerhalb deren die Schwankungen sich bewegen, sehr weite sind, daher sehr wechselnde Faktoren, deren Einfluß nicht näher umgrenzt ist, dabei im Spiele sein müssen.

Auf die Verdunstung, welche an der Bodenoberfläche stattfindet, lassen die für Wasserflächen mitgeteilten Zahlen nur einen ungefähren Schluß zu.

§ 123. Versickerung. Die Versickerungsmenge ist zunächst von dem Oberflächengefälle, alsdann von der Oberflächenbeschaffenheit abhängig. Je größer ersteres, je weniger Wasser sickert ein. Glatte Oberflächen, meist auch die sehr trockenen, lassen weniger Wasser einsickern als rauhe und mäßig feuchte. Bei geringen Regenfällen und ebenso bei größeren, wenn dieselben von kurzer Dauer sind, mag die Einsickerungsmenge gleich Null sein. Gefrorener Boden läßt, weil die Poren verschlossen sind, kein Sickerwasser eindringen. Die Steine des Straßenpflasters, der Dächer u. s. w. saugen einiges Wasser auf, um so weniger, je dichter das Gestein ist. Sogen. „krümelige" Beschaffenheit des Bodens läßt größere Wassermengen einsickern als kompakter Boden. Bei rauher und „fettiger" Oberflächenbeschaffenheit (letztere von Leimstoffen herrührend) wird die Sickerwassermenge stark verringert. Lebender Pflanzenwuchs hält große Mengen von Feuchtigkeit an der Oberfläche und dicht unter derselben zurück; bei Bedeckung mit toten Gegenständen (Vermoderung u. s. w.) findet keine oder geringe Zurückhaltung statt.

Den Hauptfaktor bei der Versickerung bildet die Größe des Porenvolumens, die ihrerseits wieder von der „Korngröße" des Bodens abhängig ist; daneben spielt die chemische (mineralogische) Beschaffenheit des Bodens eine Rolle. Flügge hat bei Versuchen mit glasierten Thonröhren von 160—170 qcm Querschnittsgröße und 1 m Länge, in welche er Bodenproben verschiedener Art fest einstampfte und

dauernd unter einer Wasserschicht von 10 mm hielt, den Durchfluß in 1 Minute, bezogen auf den Korndurchmesser *d*, ermittelt, wie folgt:

Feinkörniger Sand (I)	0,1030 *d*
Desgleichen (II)	0,0873 „
Feinster desgleichen	0,0257 „
Mischung aus 3 Teilen Sand I und 1 Teil Lehm . .	0,0155 „
Mischung aus 1 Teil Kies, 2 Teilen Sand, 1 Teil Lehm	0,0074 „
Mischung aus 1 Teil Sand I, 1 Teil Lehm	0,0021 „
Reiner Thon und Lehm	0,0000 „

Ausführliche Angaben über Sickerwassermengen, die aus verschiedenen Bodenarten zum Abfluß gelangten, sind bereits S. 62 mitgeteilt. Anderweit finden sich in der Litteratur noch folgende, von verschiedenen Beobachtern herrührende Angaben:

Bodenart	Oberflächen-beschaffenheit	Sickerwassermenge in Proz. des Niederschlags	
		Mittel	Minimum
Schwer durchlässig	bedeckt	30	—
Ackerboden, sand- und kieshaltig	dto.	23,5	9,6
Ackerboden, darunter geröllhaltiger Lehm .	nackt	33	—
Lehmiger Sandboden	berast	40,5	28,2
Lehmboden	dto.	60,9	45,4
Desgleichen	dto.	52,7	50,2
Thonboden	dto.	38,0	28,0
Desgleichen	dto.	43,9	35,6
Desgleichen	dto.	41,5	38,8
Kreidemergel	dto.	38,3	25,9
Ackerboden	nackt, zuweilen gelockert	42,1	—
Desgleichen	nackt	53	—
Waldboden	mit Streu bedeckt	60	—

Die großen Unterschiede in den Zahlen für Bodenarten, zwischen denen anscheinend eine gewisse Uebereinstimmung besteht, spiegeln deutlich den Einfluß von nicht genau feststellbaren Faktoren, unter denen jedenfalls auch der Temperatur eine Rolle zukommt (vergl. Abschn. III, Kap. 1). Auffallend groß erscheinen im Vergleich zu den Versuchsergebnissen von Flügge, welche oben mitgeteilt sind, die Sickerwassermengen für Lehm- und Thonboden, welche von 30—60% hinaufgehen. Da trocken gewordener Lehm- und Thonboden Wasser nur langsam wieder aufnimmt, muß angenommen werden, daß es sich bei den Bodenarten der Tabelle um dauernd feuchten Boden handelte, dessen dauernde Feuchtigkeit sowohl durch die Berasung der Oberfläche als die Tiefenlage gesichert war. Ebenfalls darf angenommen werden, daß es sich hier nicht um sogen. „strenge“ Lehm- und Thonböden, sondern um Böden mit gewissen Zumischungen von Sand oder Kies handelte.

§ 124. Während in bestimmten Fällen über die Größe des Anteils, wovon der eine die Verdunstung, der andre die Versickerung darstellt, wenig Genaues bekannt ist, und auch nur wenig bekannt sein kann, weil beide Faktoren in einander übergreifen, weiß man einiges mehr, wenn es sich um die Gesamtwirkung jener beiden Faktoren handelt. Für größere Gebiete hat man einigen Aufschluß durch die Wassermengenmessungen an Flüssen gewinnen können; für diese ist häufig die

Abflußmenge des Jahres zu etwa 33% der Niederschlagshöhe desselben Jahres gefunden worden.

In dem großen Gebiet der mittleren Elbe und Saale mit mäßig bewegter Oberflächengestalt, und rund 600 mm Jahresniederschlagshöhe (oder bis zu 50 mm weniger) beträgt z. B. nach Ermittelungen von Sasse, die auf 20—50jährigen Wasserstandsbeobachtungen fußen, der auf Verdunstung und Versickerung entfallende Anteil rund 62%, so daß für den Abfluß an der Oberfläche 38% verbleiben würden. Da aber die Flüsse nicht lediglich durch Zufluß von der Oberfläche gespeist werden, sondern auch Zuflüsse aus dem Grundwasser aufnehmen — zu Zeiten auch Wasser an das Grundwasser abgeben — so sind die obigen Zahlen nicht scharf, und es darf angenommen werden, daß der für die Verdunstung und Versickerung berechnete Anteil sich in Wirklichkeit höher als 62% stellt.

Wesentlich anders stellen sich die Verhältnisse, wenn man stärker bewegte Oberflächengestaltungen und kleinere Niederschlagsgebiete ins Auge faßt. Bei den Stauweihern der Vogesen z. B. hat man als 3jähriges Mittel der Verluste, die durch Verdunstung und Versickerung an den Niederschlagshöhen entstehen, nur 20% gefunden, die sich aber sehr ungleich auf die Jahreszeiten verteilen. Es entfallen auf den 8monatlichen regenreichen Zeitraum Oktober bis Mai nur 10%, auf den 4monatlichen regenarmen Zeitraum Juni bis September dagegen 40%. Diese Ungleichheit läßt die große Rolle erkennen, welche der Art und zeitlichen Verteilung der Niederschläge zukommt. Je mehr verteilt die Niederschläge fallen, d. h. je kleiner die Durchschnittszahl ist, welche man erhält, indem man die Jahresregenhöhe durch die Anzahl der Regenfälle teilt, um so größer wird sich der Verlust durch Verdunsten und Versickern herausstellen, und umgekehrt. Wenn viele sogen. Landregen fallen, die in der Regel von langer Dauer sind, aber nur geringe Regenhöhen liefern, so wird der Anteil für Verdunstung und Versickern sich bis auf 100% erhöhen, und andrerseits werden bei heftigen Gewitterregen die Verdunstungs- und Versickerungsmengen auf wenige Prozent herabgehen können. Bei kleinen und kleinsten Flächen mögen, wenn sie mehr oder weniger undurchlässig sind, jene Verlustmengen auf wenige Prozent herabsinken, und wenn noch starkes Gefälle vorhanden ist, mögen sie im praktischen Sinne gleich Null sein.

Den Einfluß, welchen die Jahreszeit auf den Verlust durch Verdunstung und Versickerung ausübt, mag man genauer aus folgender Zahlenreihe erkennen, die von Dalton nach Beobachtungen in Manchester zusammengestellt worden ist.

	Anteil der Verdunstung + Versickerung, in Bruchteilen der Niederschlagshöhe		Anteil der Verdunstung + Versickerung, in Bruchteilen der Niederschlagshöhe
Januar	0,410	Juli	0,986
Februar	0,294	August	0,952
März	0,690	September	0,902
April	0,866	Oktober	0,920
Mai	0,644	November	0,701
Juni	0,879	Dezember	0,463

Oder, wenn man nach Vierteljahren zusammenfaßt, und dabei mit März als erstem Frühlingsmonat beginnt.

Frühjahr	0,733	im ganzen Jahr 0,726
Sommer	0,939	
Herbst	0,841	
Winter	0,389	

Um diese Zahlen etwas genauer verstehen zu können, muß beachtet werden, daß die Niederschlagsgröße des Jahres in Manchester hoch ist, indem sie 948 mm beträgt. Mit Ausnahme des Winters verteilt sich dieselbe auch sehr gleichmäßig über das Jahr, da sie beträgt:

Im Frühjahr (Beginn am 1. März) . .	230 mm
„ Sommer	250 „
„ Herbst	268 „
„ Winter	200 „

Wenn man diese Zahlen mit den obigen Verlustzahlen vergleicht, so ist ein bedeutender Einfluß der Temperatur unverkennbar. Aus der Höhe der Verlustzahlen kann übrigens auch auf große Versickerung geschlossen werden.

Viel geringere Verlustzahlen ermittelte man bei den Vorarbeiten für die Anlage von Thalsperren im Gebiete der Wupper, nämlich für:

Januar . .	0,16 = 19,6 mm Regenhöhe	Juli . . .	0,52 = 57,2 mm Regenhöhe
Februar . .	0,22 = 15,8 „ „	August . .	0,54 = 48,6 „ „
März . . .	0,32 = 23,0 „ „	September .	0,39 = 38,2 „ „
April . . .	0,38 = 15,2 „ „	Oktober . .	0,26 = 35,3 „ „
Mai . . .	0,60 = 53,0 „ „	November .	0,14 = 20,3 „ „
Juni . . .	0,55 = 54,6 „ „	Dezember .	0,14 = 24,0 „ „

Auf Vierteljahre, wie oben berechnet, macht dies für das:

Frühjahr	0,433 = 91,2 mm Regenhöhe
Sommer	0,537 = 160,4 „ „
Herbst	0,263 = 93,8 „ „
Winter	0,173 = 59,4 „ „

und für das ganze Jahr 0,352 = 405 mm Regenhöhe von 1243 mm durchschnittlicher Jahresregenhöhe.

In diesen Zahlen tritt der Einfluß, den die Temperatur (durch das Sättigungsdefizit) ausübt, sehr markant hervor, und außerdem zeigt dasselbe, in welch engen Grenzen unter begünstigenden Verhältnissen sich der Einfluß der Verdunstung und der Versickerung halten kann.

Unter besonderen Verhältnissen können selbst in Niederschlagsgebieten von einiger Ausdehnung, sogar wenn es sich um Boden von starker Durchlässigkeit handelt, bei schweren Regenfällen Verdunstung und Versickerung auf ganz minimale Anteile, die nahe an Null liegen, herabgehen. Dies findet statt, wenn dem schweren Regenfall ein sogen. Landregen, der mehrere Stunden, oder gar Tage anhielt, vorausging. In diesem Falle sind Luft und Boden gesättigt und nehmen weitere Feuchtigkeitsmengen kaum mehr auf. Derartige Fälle sind keineswegs als Seltenheiten anzusehen; weiterhin wird ein dazu gehöriges Beispiel in Zahlenangaben mitgeteilt werden.

Schließlich mag der Thatsache Erwähnung geschehen, daß unter bestimmten Verhältnissen, wie im Boden so auch an der Oberfläche von Gewässern, anstatt Verdunstung Kondensation eintritt. Dieselbe kann bei großen Unterschieden zwischen der Temperatur der Luft und des Wassers einen nicht unbedeutenden Betrag erreichen.

§ 125. Entstehungsweise und Verhalten des Grundwassers, zu dem derjenige Teil des Sickerwassers wird, welcher nicht aus den oberflächlichen Bodenschichten wieder verdunstet, sind bereits in Abschnitt III, S. 56 ff. behandelt worden; hier ist einiges, insbesondere über die Bewegung des Grundwassers, nachzutragen.

In früheren Zeiten war es üblich, und es geschieht in England auch noch heute, Grundwasser in die Kanäle aufzunehmen. Man ging dabei von der Absicht aus, mit der Ableitung der Schmutzwasser eine Senkung des Grundwasserspiegels zu verbinden, bezw. die Schwankungen der Höhenlage des Grundwassers möglichst einzugrenzen. Dies Verfahren ist im allgemeinen zu verwerfen; die Kanal-

wandungen sollen dicht sein, um zu verhindern, daß Schmutzwasser von innen nach außen gelangen und das Grundwasser verunreinigen können.

Der Durchtritt von Kanalwasser nach außen durch Poren des Baumaterials, oder unbeabsichtigt entstandene enge Oeffnungen, hat freilich zur Voraussetzung, daß ein — nicht unbeträchtlicher — Ueberdruck besteht. Ein solcher Ueberdruck kann von beiden Seiten her vorhanden sein: vom Kanal aus bei Hochwasserabführung, wobei sogar das Wasser in den Kanälen vermöge Aufstaues in den Einlässen und Schächten vorübergehend sich unter Druck befindet, von der Rückseite aus, wenn das Grundwasser höher steht, als der Wasserspiegel im Kanal. Es sind aber mehrere Faktoren in Wirksamkeit, welche dem Durchtreten von Wasser entgegenwirken. Zunächst ein hoher Reibungswiderstand, sodann eine immer vorhandene schleimige oder dünne Haut, die sogen. Sielhaut, auf der Innenseite der Kanalwand, und drittens Wasserströmung. Letztere wirkt saugend und in dem Maße, als die Wasserströmung geringer oder stärker ist. Es kommt nun allerdings noch die Erscheinung der Osmose in ihren beiden Formen der Exosmose und der Endosmose hinzu. Zahlreiche Feststellungen über die Beschaffenheit des Bodens hinter Kanalwänden haben aber erwiesen, daß die Wirkung der Exosmose oft gering oder bedeutungslos ist, eine Thatsache, die zumeist auf die Gegenwirkung der Wasserströmung im Kanal zurückgeführt werden muß. Die Wirkung der Endosmose aber ist gleichgültig, weil dabei von einer Gesundheitsschädigung nicht die Rede sein kann. Auch kann die Wirkung der Endosmose kaum je einen nennenswerten Betrag erreichen, weil die Erfahrung lehrt, daß hinter der Kanalwand sich ein Grundwasserstrom bilde, der dem Kanalgefälle folgt und einen Anstau des Grundwasserspiegels an dieser Stelle verhindert. Verursacht wird diese Strömung durch die lockere Lagerung des Hinterfüllungsbodens, welche die Dichte des sogen. gewachsenen Bodens kaum je wieder erreicht. Auch werden häufig unten oder seitlich der Kanäle künstliche Einrichtungen getroffen, um für das Grundwasser Vorflut zu schaffen. Derartige Einrichtungen, auf welche erst an späterer Stelle einzugehen sein wird, zu treffen, erscheint im allgemeinen zweckmäßig.

In vereinzelten Fällen hat man künstlich Einrichtungen geschaffen, um Straßenwasser dem Grundwasser rasch einzuverleiben. Es können dazu sowohl sogen. absorbierende Brunnen dienen, als auch Gruben mit stark durchlässiger Wand, aus Lochsteinen oder mit offenen Stoßfugen hergestellt; auch kann die Kanalwand in ihrer oberen Hälfte mit Durchlochungen hergestellt werden. Diese Einrichtungen können nur unter ganz ausnahmsweisen Verhältnissen eine gewisse Berechtigung in Anspruch nehmen, nämlich in niedrig liegenden Stadtteilen mit wasserundurchlässiger Pflasterung, wenn die Möglichkeit fehlt, sich des Straßenwassers anderweit zu entledigen und der Untergrund stark porös ist. Denn nur im letzteren Falle besteht neben der Fähigkeit zur raschen Aufnahme und Verteilung größerer Wassermengen die Fähigkeit des Bodens, die dem Wasser beigemischten Schmutzstoffe rasch zu „verarbeiten", d. h. in gesundheitlich unbedenkliche Verbindungen überzuführen.

Um über die Geschwindigkeit der Bewegung einige Gewißheit zu erlangen, kann man sich der (von Thiem angegebenen) Salzprobe bedienen. Schüttet man an einer von zwei (nicht nahe bei einander liegenden) Stellen eine beträchtliche Menge Kochsalz in das Grundwasser, so wird sich dieses auflösen und in zweierlei Weise im Grundwasser ausbreiten: durch Diffusion sowohl als mit der Strömung. Die Diffusion (welche rascher stattfindet als die Verbreitung des Salzes mit dem Strom) hört nach Erreichung des Sättigungszustandes auf, während die Mitführung mit der Strömung so lange andauert, als Salz vorhanden ist. Es wird sich daher je

nach der Strömungsgeschwindigkeit früher oder später ein Maximum des Salzgehaltes im Grundwasser herausstellen. Um den Zeitpunkt, wo das Maximum des Salzgehaltes eintritt, festzulegen, werden in kurzen Zeitabständen Untersuchungen über die an der zweiten Stelle im Wasser vorhandene Salzmenge (sogen. Handproben, die rasch ausführbar sind) angestellt, und die Zeit, welche zwischen dem Einschütten des Salzes und dem Eintritt des Maximums verflossen ist, giebt dann unmittelbar die Geschwindigkeit der Bewegung des Grundwasserstroms an. Wenn das Verfahren auch einfach genug ist, so zeigen sich bei der Ausführung doch zuweilen Schwierigkeiten, z. B. so, daß mehrere Maxima des Salzgehaltes einander folgen. Es ist daher große Vorsicht anzuwenden, und werden oft Kontrollversuche notwendig sein; eine gewisse Uebung ist bei dieser Probe unerläßliche Voraussetzung. Uebrigens dürften auch andre chemische Körper, z. B. Farbstoffe, die nicht vom Boden zurückgehalten werden, oder andre im Boden beständige Stoffe anstatt des Salzes sich eignen. Bei der großen Filter- und Absorptionskraft, die der Boden besitzt, werden jedoch solche nicht häufig sein.

Was die Ergebnisse thatsächlicher Beobachtungen anbetrifft, so wurden in dem aus Grobsand (Kies) bestehenden Boden von Budapest von v. Fodor Grundwassergeschwindigkeiten von 66 m in 24 Stunden festgestellt. — Thiem fand in den groben Alluvionen des Rheinthals oberhalb Straßburg sogar 166 m Geschwindigkeit in 24 Stunden. Im grobkiesigen Münchener Boden fand v. Pettenkofer nur 4,4 m Geschwindigkeit. Bei Flußdeichen hat man vereinzelt 2,0—2,4 m Geschwindigkeit beobachtet, immer in 24 Stunden. — Heß ermittelte an den Wasserständen von Brunnen im Thal der Aller die Geschwindigkeiten, mit welchen das Wasser aus dem Flusse in das Ufergelände hineinstaute: in der ersten, dem Flusse zunächst liegenden Zone von 47—140 m Breite, Geschwindigkeiten von 10—28 m in 24 Stunden; in der bis 351 m weit reichenden Zone 20 m in 24 Stunden; in der bis 468 m weit reichenden Zone 24 m in 24 Stunden, in der bis 584 m weit reichenden Zone 28 m in 24 Stunden.

Ueber Spiegelgefälle des Grundwassers liegen folgende Beobachtungen von Thiem vor:

in den groben Alluvionen des Rheinthals oberhalb Straßburg	0,00600,
in den Alluvionen des Lechthals oberhalb Augsburg . . .	0,00300,
bei Diedenhofen in Oberbayern	0,00326.

Es liegen über die Bewegung des Grundwassers im Boden in der Litteratur bisher nur wenige Angaben vor. Bei dem sehr geringen Gefälle, nach welchem Grundwasser, wenn dasselbe nicht künstlich angezapft wird, sich einstellt, sind bezügliche Messungen mit großen Schwierigkeiten verknüpft, zumal lokale Störungen im Boden, Einlagerungen undurchlässiger Schichten, Richtungsänderungen und Aufstau auch kleinere „Abstürze“ hervorrufen können.

Um zunächst zu entscheiden, ob man es in einem gegebenen Falle mit „stehendem“ oder fließendem Grundwasser zu thun hat, kann man mit Pfahlabständen von einigen hundert Metern ein etwa gleichseitiges Dreieck markieren und an den Eckpunkten desselben den Grundwasserspiegel frei legen. Zeigen sich bei der Einnivellierung der drei Spiegel Höhenunterschiede, so kann daraus ein Schluß auf stattfindende Bewegung und die allgemeine Richtung derselben gezogen werden.

Im feinsandigen Thal der Spree und Havel hat man Beeinflussungen des Spiegelstandes von Brunnen festgestellt, welche 2100 m von einer Schöpfstelle (Tiefbrunnen) entfernt lagen. — Verfasser konnte im grobsandigen, von Thonschichten vielfach durchzogenen Boden in der Nähe von Bitterfeld den Einfluß einer etwa 40 m unter Oberfläche erfolgten Anzapfung des Grundwassers noch in

1730 m Entfernung nachweisen; es handelte sich dabei aber um das durchschnittliche Spiegelgefälle von etwa 0,02. —

Bezüglich der Menge des aus einem Grundwasserstrom zu gewinnenden Wassers wird häufig die von Darcy gegebene Formel benutzt:

$$q = k \frac{h}{l} F,$$

worin F den Querschnitt der wasserführenden Schicht, $\frac{h}{l}$ das relative Gefälle und R einen Beiwert bezeichnen, welcher das Porenvolumen des Bodens repräsentiert. Es ersieht sich, dass k für jede Bodenart einen besonderen, vorab festzulegenden Wert hat.

§ 126. Ein gewisser nicht unbedeutender Teil der Meteorwasser gelangt nicht zur Erdoberfläche, da er an den Blättern, Zweigen und Stämmen von Bäumen, Sträuchern und geringerem Pflanzenwuchs hängen bleibt, und von hier entweder durch unmittelbares Aufsaugen oder Verdunsten wieder verschwindet. Dieser „Verlustanteil" kommt bei mit Alleebäumen besetzten Straßen wie auch bei Schmuckanlagen, Rasenplätzen u. s. w. in Betracht. Man kann auf den Betrag desselben einen ungefähren Schluß durch Feststellungen ziehen, die über den Vorgang im Walde angestellt worden sind. Nach einer Beobachtung Seckendorfs*) wurden von einem auf Wald heruntergegangenen Landregen von 52,6 mm Höhe von den Blättern und Stämmen der Bäume folgende Anteile zurückgehalten:

von Ahornbäumen	30,6 %	von Buchen	38,4 %
„ Eichbäumen	31,1 „	„ Fichten	68,4 „

Ebermayer giebt geringere Zahlen: von den auf Wald fallenden Regenmengen werden 26 % von den Baumkronen zurückgehalten.

Man wird nicht weit fehl gehen, wenn man annimmt, daß dichte Laubwaldbestände etwa 30 % eines Regenfalls zurückhalten können. Es kommt dabei freilich auch auf die Dauer des Regenfalls an; je größer dieser, um so größer dürfte der zurückgehaltene Anteil sein und umgekehrt.

Aehnlich wie Bäume von höherem Wuchs wird Strauchwerk und höherer Pflanzenwuchs wirken; doch dürfte bei der minderen Größe der Stammoberflächen der Anteil, welcher zurückgehalten wird, geringer als bei Baumwuchs sein. Eine bedeutende Kraft im Festhalten von Wasser besitzen auch sogen. Streudecken des Bodens, Moos und niederer Pflanzenwuchs. Ebermayer (a. a. O.) giebt an, daß im Sommer 54 bis 70 % des Regenfalles in der Streudecke von (Wald-)Boden und der dicht darunter liegenden Erdschicht verbleiben. Man kann daraus schließen, daß von Schmuckplätzen in Straßen vielleicht nur 10—20 % der Regenmengen zum Abfluß gelangen.

Andrerseits ist aber im Walde — und analog auf mit Pflanzenwuchs aller Art dicht bestandenem Boden — die Verdunstung geringer als im Freien. Es wird daher ein gewisser Teil der Minderung, welche die Abflußmenge durch Zurückhaltung erfährt, durch ein Weniger an Verdunstung wieder ausgeglichen (vergl. übrigens die oben gemachten Angaben über Verdunstung von Rasenflächen).

§ 127. Einerlei, ob vor einem Regenfall der Boden trocken oder feucht war, so wird das anfangs fallende Meteorwasser zu einem gewissen Teil verbraucht:

*) Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs, 2. Bd., 1879.

**) Ebermayer, Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden und Derselbe, Der Einfluß des Waldes und der Bestanddichte auf die Bodenfeuchtigkeit in: Forschungen aus dem Gebiete der Agrikulturphysik.

a) zur Sättigung der oberen Bodenschicht,
b) zur Herstellung desjenigen Gefälles, welches zur Erreichung des Beharrungszustandes im Abfluß notwendig ist.

Beide Verluste hängen von der Beschaffenheit der Oberfläche und der Wegeslänge des Wassers ab, und stehen auch unter sich in einer gewissen Beziehung. Je rauher die Oberfläche und je weniger Gefälle dieselbe hat, um so höher wird der erforderliche Anteil und ferner je länger der bis zum nächsten Einlaß zurückzulegende Weg ist. — Zahlenmäßige Angaben hierzu sind bei dem großen Wechsel der Zustände nicht vorhanden.

5. Kapitel.

Abflussmengen.

§ 128. Trockenabfluß. Ueber die Fabrik- und Hauswassermengen, welche von einer unterirdischen Entwässerungsanlage aufzunehmen sind, siehe die betreffenden Angaben Kap. 1 und 2. Die Menge dieser Wasser pflegt wohl als Trockenabfluß bezeichnet zu werden, um anzudeuten, daß derselben kein Regenwasser beigemengt ist. Der Trockenabfluß ist von wesentlicher Bedeutung für die Profilform der Kanäle, während der Regenabfluß für die Profilgröße der Kanäle bestimmend ist.

Ein ungefähres Bild von dem, als gleichmäßig über den ganzen Tag verteilt gedachten, Trockenabfluß kann da leicht gewonnen werden, wo maschinelle Förderung der Schmutzwasser stattfindet. Bringt man von der bekannten, auf den Kopf und Tag berechneten Fördermenge der Pumpen die gleichfalls auf den Kopf und Tag berechnete Reinwasserzuführung in Abzug, so hat man dasjenige Mehr pro Tag und Kopf der Stadtbewohnerschaft, welches an Regenwasser u. s. w. gefördert ist, und in der Reinwassermenge den Trockenabfluß.

In Berlin sind nach 10jährigem Durchschnitt die betreffenden Zahlen folgende: Tägliche Pumpenförderung pro Kopf 104 l, Reinwassermenge 66 l, mithin Regenwasserförderung 38 l. Das Bild ist jedoch, weil einerseits neben den von den Wasserwerken zugeführten 66 l Reinwasser sehr bedeutende Wassermengen aus Privatbrunnen gefördert worden, nicht scharf. Der Trockenabfluß wird wesentlich größer sein. (Vergl. auch die Angaben über Kondensationswasser-Ableitungen S. 148).

In Edinburg, mit einer besonders reichlichen Wasserversorgung (etwa 200 l pro Kopf und Tag), beträgt der Trockenabfluß, wenn die Stadt als Ganzes aufgefaßt wird, 326 l pro Kopf und Tag, wenn man dagegen nach einzelnen Bezirken, entsprechend den Verschiedenheiten der Bevölkerung, sondert, 288 l, 305 l und 349 l; er ist also (und ähnlich wohl in Berlin) reichlich das Anderthalbfache der aus der öffentlichen Wasserleitung zugeführten Wassermenge.

In London beobachtete man bei einer täglichen Wasserzuführung von 136 l den Trockenabfluß von 163 l pro Kopf und Tag. Wo irgend welche gewerbliche Thätigkeit besteht wird man nach diesen Zahlen auf einen nicht unbedeutend über die, durch die Wasserversorgung zugeführte Reinwassermenge hinausgehenden Trockenabfluß zu rechnen haben.

Je näher man den Eingußstellen der Hauswasser kommt, je größere Wechsel finden statt. Diese Wechsel beziehen sich nicht nur auf die Menge, sondern auch auf die Beschaffenheit der Kanalwasser. Durchschnittswerte beiderlei Art können

also nur an dem Trockenabfluß in den untersten Teilen eines Kanalnetzes gewonnen werden, wo wenigstens die von der Oertlichkeit abhängigen Wechsel der Menge und Beschaffenheit der Kanalwasser ausgeglichen sind, die von der Zeit abhängigen Wechsel nur noch in gewissem Maße bestehen. Zahlenangaben, was die Wechsel in der Beschaffenheit des Trockenabflusses anbetrifft, sind S. 163 ff. mitgeteilt. Zahlenangaben für die Wechsel in den Mengen des Trockenabflusses folgen nachstehend.

Für 14 große Londoner Kanäle wurden folgende Wechsel in Trockenabfluß mit den Tagesstunden ermittelt:

Zeit	Abfluß der Tagesmenge	Zeit	Abfluß der Tagesmenge
12— 1 nachts	2,30 %	12— 1 nachmittags	6,43 %
1— 2 „	2,15	1— 2 „	5,92
2— 3 „	2,07	2— 3 „	5,59
3— 4 „	2,01	3— 4 „	5,80
4— 5 „	1,98	4— 5 „	5,87
5— 6 „	2,07	5— 6 „	5,27
6— 7 vormittags	2,68	6— 7 abends	4,56
7— 8 „	4,30	7— 8 „	4,07
8— 9 „	5,51	8— 9 „	3,57
9—10 „	6,16	9—10 „	3,11
10—11 „	6,56	10—11 „	2,79
11—12 „	6,64	11—12 „	2,59

Die Zahlen schließen sich der Beobachtung, daß in den Stunden des höchsten Wasserverbrauchs der Abfluß etwa das Anderthalbfache des durchschnittlichen beträgt, sehr gut an; als sehr hoch und auf ein spätes, reichliches Nachtleben hinweisend muß der Verbrauch während der Nachtstunden bezeichnet werden.

An zwei der Berliner Pumpstationen: für Radialsystem V im Nordosten gelegen und viele gewerbliche Betriebe enthaltend, bezw. für Radialsystem VII im Westen gelegen, das von gewerblichen Betrieben nur wenig, vielmehr vorzugsweise Wohnungen besser situierter Bevölkerungsklassen enthält, ergab sich folgender Trockenabflußwechsel, gleichfalls in Prozenten der Tagesmenge angegeben:

Zeit	Radialsystem		Zeit	Radialsystem	
	V	VII		V	VII
12— 1 nachts	2,4 %	3,3 %	12— 1 nachmittags	5,5 %	5,7 %
1— 2 „	2,3	3,3	1— 2 „	5,3	6,9
2— 3 „	2,2	3,8	2— 3 „	5,4	6,2
3— 4 „	2,1	3,0	3— 4 „	5,5	5,4
4— 5 „	2,2	3,2	4— 5 „	5,6	5,0
5— 6 „	2,2	2,8	5— 6 „	6,0	4,1
6— 7 vormittags	2,4	2,3	6— 7 abends	5,8	4,5
7— 8 „	4,5	3,4	7— 8 „	5,7	3,8
8— 9 „	5,4	4,4	8— 9 „	5,1	3,6
9—10 „	5,6	5,1	9—10 „	2,7	3,1
10—11 „	5,6	4,8	10—11 „	2,7	3,5
11—12 „	5,4	5,1	11—12 „	2,5	3,6

Man erkennt hier den Einfluß, den die Berufsthätigkeit der Bewohnerschaft auf den Wechsel des Trockenabflusses übt, deutlich. Es tritt eine merkliche Verschiebung in den Zeiten des größeren Abflusses und besonders der Maxima des Abflußes ein. Weniger bedeutend ist der Unterschied in den Wechseln des Trockenabflusses, da in beiden Bezirken das Minimum, das Mittel und das Maximum etwa in denselben Verhältnissen 1:2:3 zu einander stehen, Zahlen, welche für die Einrichtung des Pumpwerks ausschlaggebend sind.

Im übrigen verteilt sich der Abfluß um so gleichförmiger auf die Tagesstunden, je größere Ausdehnung das Kanalnetz oder das Entwässerungsgebiet hat. Wo letztere gering ist, wird man Reservoire von einiger Größe, (Pumpensümpfe) einschalten müssen. Die Größe des Berliner Radialsystems V ist 777 ha, die des Radialsystems VII 329 ha; zu letzterer Gebietsgröße treten indessen noch einige Gebietsteile von Nachbargemeinden hinzu.

§ 129. Die Beständigkeit des Trockenabflusses wird gestört, sobald Regenwasser in die Kanäle eintritt. Die Menge des Kanalwassers nimmt bis zu einem gewissen Zeitpunkte, der über das Maximum der Regendichte hinausfällt, zu, um von da an wieder bis auf den Trockenabfluß zurückzugehen. Hand in Hand mit der Zunahme werden die Kanalwasser mehr und mehr verdünnt, bis mit dem Maximum des Abflusses zugleich ein Minimum der Verunreinigung erreicht ist. Von nun an nimmt die Verunreinigung wieder zu, bis der normale Zustand des Trockenabflusses abermals erreicht ist.

Der geschilderte Wechsel in der Beschaffenheit, welchem Kanalwasser bei Regenfällen unterworfen sind, wird indes nicht nur dadurch hervorgerufen und geregelt, daß während des Regenwasserzuflusses das Verhältnis zwischen der Menge von Haus- und Regenwasser sich ändert, sondern auch durch Wechsel in der Beschaffenheit des Regenwassers selbst. Das im Anfang zutretende Regenwasser wird, weil es die an der Oberfläche von Straßen, Höfen, Dächern u. s. w. befindlichen Schmutzmengen mit sich führt, stärker verunreinigt sein, als das später zufließende, das keine solchen Unreinigkeiten mehr mitbringt. Es ändert sich daher die Beschaffenheit des Kanalwassers bei einem Regenfall nicht in einfachem Verhältnis mit der Zunahme der Regenwassermenge, sondern in einem höheren, und es findet in dieser Thatsache die Konstruktion von Regenüberfällen und Notauslässen ihre Rechtfertigung, die man kaum irgendwo für Kanalisationsanlagen entbehren kann, wo das Straßenwasser in die Kanäle aufgenommen wird.

Ohne auf die Besprechung der Regenüberfälle an dieser Stelle näher einzugehen, sei nur erwähnt, daß man dieselben so einrichtet, daß sie erst in Wirksamkeit treten, nachdem ein bestimmter Verdünnungszustand der Kanalwasser erreicht, d. h. nachdem das Verhältnis $\frac{\text{Trockenabfluß} + \text{Regenwasser}}{\text{Trockenabfluß}}$ einen bestimmten, gewollten Grad angenommen hat. Nimmt dann weiterhin die Regenwassermenge noch zu, so wird jenes Verhältnis kleiner.

Es ersieht sich, daß angenähert auch der Quotient $\frac{F}{f}$ dasselbe ist, wenn f die Füllung des Kanals beim Trockenabfluß und F die Füllung bei Trockenabfluß + Regenwasser bezeichnet. Da aber bei der Füllung F in der Regel nicht nur der Wasserquerschnitt, sondern auch die Wassergeschwindigkeit größer sein wird, als bei der Füllung f, so wird das Verhältnis $\frac{F}{f}$ größer sein als das Verhältniß $\frac{\text{Trockenabfluß} + \text{Regenwasser}}{\text{Trockenabfluß}}$.

§ 130. Einlauf von Regenwasser in die Kanäle setzt voraus, daß der Regenfall einen gewissen unteren Wert überschreitet; doch ist dieser Wert mit mancherlei Umständen wechselnd. Dieselbe kleine Regenhöhe, einmal auf chaussierte oder schlecht gepflasterte Straße, ein andermal auf wasserdicht gepflasterte oder Asphaltstraße fallend, mag den Kanälen entweder die Regenwassermenge Null oder auch einen nicht unbeträchtlich darüber hinausgehenden Betrag zuführen. Derselbe oder ein ähnlich großer Unterschied kann sich ergeben, wenn entweder jene Regenhöhe einmal auf schlecht gereinigte oder wagrechte (bezw. schwach geneigte) Flächen fällt und ein andermal auf sauber gehaltene Flächen, bezw. solche mit starker Neigung. Ebenso kann es sich verhalten, wenn einmal jener Regen sich auf einen längeren Zeitraum verteilt und er ein andermal innerhalb weniger Minuten niedergeht. Es wird endlich ein etwaiger Unterschied in den zu den Zeiten des Regenfalls bestehenden Sättigungsdefizits der Luft und der Bodenfeuchtigkeit, sowie ein Unterschied in der Flächengröße des Abflußgeländes sich geltend machen; letzterer Faktor ist, wie weiterhin nachgewiesen wird, unter allen der wichtigste.

Sehr geringe Regenfälle, die unter einer gewissen Höhe bleiben, vielleicht unter 1 mm, werden auch unter sehr günstigen Abflußverhältnissen kaum Beiträge zu den Kanalwassern liefern, höchstens von sogen. harten Dachflächen mit starker Neigung, weil hier die Zeit bis zur Aufnahme in den Kanal so kurz ist, daß die von der Zeit abhängenden mindernden Faktoren einen merklichen Einfluß nicht zu äußern vermögen. Unter besonders ungünstigen Abflußverhältnissen mögen sogar 2 mm Regenhöhe keinen Anteil für die Kanalwasser ergeben. Daraus folgt zunächst, daß die Kanäle überall viel weniger oft Regenwasser aufzunehmen haben als Regenfälle stattfinden. Es ist daher von Wichtigkeit, nicht nur die Regenmengen, sondern auch die Verteilung derselben auf das Jahr näher zu kennen, weil darin die Kenntnis der Zahl derjenigen Regenfälle enthalten ist, von welchen Spülwirkungen und Beeinflußungen des Luftwechsels in den Kanälen erwartet werden können.

Nimmt man etwa 2 mm als untere Grenze derjenigen Regenhöhe an, von welcher Beiträge zu den Kanalwassern geliefert werden, so kann man beispielsweise bei einer Verteilung der Regenmengen, wie auf S. 175 für Berlin angegeben ist, folgern, daß im Jahre nur etwa 60—70 Tage mit Niederschlägen stattfinden, an welchen die Kanäle Regenwasser aufzunehmen haben; durchschnittlich würde dies also jeder 5.—6. Tag sein, und es würde von dem Jahresbedarf der Spülwassermenge auch nur etwa dieser Anteil in den Regenwassermengen zur Verfügung stehen. In Wirklichkeit ist das Bild noch ungünstiger, werden die Kanäle noch seltener Spülwasser aus den Niederschlägen erhalten, weil unter jenen auch die Schneefälle einbegriffen sind, die einen Beitrag viel weniger oft liefern, als sie stattfinden. Im übrigen ist hier auf die S. 176, 177 gemachten Mitteilungen über die Dauer von Regen- und Trockenperioden zu verweisen.

§ 131. Bei dem Mangel an näherer Kenntnis über die Abzüge an den Regenwassermengen, die durch Verdunstung, Versickerung u. s. w. eintreten, sind genaue Angaben über Abflußmengen nur durch direkte Messung zu gewinnen. Bei den großen Schwierigkeiten der Ausführung ist es erklärlich, daß solche Messungen bisher nur sehr selten ausgeführt worden sind. Die frühesten Arbeiten dieser Art fanden, soviel bekannt, in London statt.

Bei einem Regenfall von mittlerer Schwere, welcher in 105 Minuten 22,9 mm Regenhöhe, also sekundlich 0,00363 mm oder 36,3 l Wasser pro ha ergab, wurde in vier großen Straßenkanälen mit reichlichen Gefällen, die in gut gepflasterten Straßen lagen, folgende sekundlichen Abflußmengen beobachtet:

	Niederschlags-gebiet	Abfluß von 1 ha		
		Minimum	Maximum	In Prozenten der Regenhöhe
Kanal I . .	32 ha	1,30 l	3,56 l	3,6 bezw. 10,0
„ II . .	37	0,90	6,12	2,5 „ 16,8
„ III . .	150	1,00	4,37	2,8 „ 12,0
„ IV . .	61	2,50	24,00	7,0 „ 66,0

Mank beobachtete bei einem Regenfall in Dresden, der sich über ein Gebiet von 80 ha (ungerechnet diejenigen Flächenteile, welche keinen Beitrag zum Abfluß lieferten) ausdehnte, als größte sekundliche Abflußmenge $\frac{10,69}{49,8} = 21,5\,\%$.

Es ist zu beachten, daß es sich bei den beiden vorstehenden Angaben (London und Dresden) nicht um Gesamtmengen des Abflusses handelt, sondern nur um Teilmengen, welche in der Zeiteinheit zum Abfluß gelangt sind.

Anderweite Beobachtungen aus verschiedenen Orten teilt Baumeister*) mit. Es betrug bei einigen Regenfällen:

Städte	Das Entwässerungsgebiet in Hektar	Die Regenmenge in Liter pro Hektar und Sekunde	Der Abfluß in Liter pro Liter u. Sekunde	Der Abfluß in Prozenten der Regenmenge
München	196	280	24	8,6
Elboeuf	1150	104	15	14,4
Budapest	2000	183	45	24,6
Stuttgart	2222	54	14,5	26,8
Küssnacht	1200	143	38,8	27,1
Zürich	1400	143	27,3	19,1
„	100	143	70	49,0
„	34	143	85	60,0
„	65	143	55	38,5

Bei anderen Beobachtungen in London, als den oben mitgeteilten, sind höhere Prozentsätze der Abflußmengen als die vorstehenden ermittelt worden, nämlich zwischen 53 und 94 %.

Daß auch auf Flächen, welche für gewöhnlich hohe Anteile sowohl zur Verdunstung als Versickerung ergeben, unter besonderen Umständen diese Anteile auf ganz minimale Beträge herabgehen können, beweist eine Beobachtung, die im Jahre 1887 in der Umgegend von Löbau in Sachsen angestellt wurde. Gleichzeitig lassen die Ergebnisse derselben den Einfluß deutlich erkennen, welchen das Gefälle der Flächen und die Größe des Niederschlagsgebietes auf die Abflußmenge ausüben.

Es hatten in den, dem 18. Mai 1887 vorausgegangenen 3 Wochen fast täglich Regenfälle von Bedeutung stattgefunden; im ganzen waren in der Zeit vom 26. April bis 17. Mai 95 mm Niederschlagshöhe gefallen. Vom 17. auf den 18. Mai ging ein lang dauernder Regen nieder, welcher in 8 Stunden 70 mm Regenhöhe brachte. Man kann nach diesem Verlauf des Regens annehmen, daß Boden und Luft mit Feuchtigkeit gesättigt waren, als der schließliche große Regenfall eintrat, daß also beides, Versickerung und Verdunstung, nur sehr ge-

*) Deutsche Bauzeitung 1888, S. 264.

ring sein konnten. Es wurden an den 8 kleinen Wasserläufen des betroffenen Gebiets mittels Flügelmessungen folgende Abflußmengen ermittelt:

Wasserläufe	Länge des Niederschlagsgebiets	Relatives Gefälle des Niederschl.-Gebiets	Größe der Niederschl.-Gebiete ha	Sekundliche Abflußmenge pro Hektar l	Abflußhöhe in 1 Minute mm
1. Wittgendorfer Bach . .	2 500	0,0200	345	122	0,732
dto. . .	4 500	0,0222	946	111	0,666
2. Landwasser	3 500	0,0129	980	98	0,588
dto.	4 800	0,0123	1 579	91	0,546
dto.	16 700	0,0070	5 200	40	0,240
3. Kemlitz	7 000	0,0148	1 394	91	0,546
dto. mit Dittelsdorfer Wasser .	7 700	0,0128	1 914	100	0,600
4. Dittelsdorfer Wasser .	1 800	0,0333	520	125	0,750
5. Mandau	29 500	0,0056	13 000	23	0,138
6. Spree mit Ebersbach .	4 900	0,0102	1 750	100	0,600
7. Schöpsbach	—	—	850	50	0,300
dto. mit Nebenwasser	—	—	1 870	54	0,324
8. Prießnitz	11 700	0,0080	6 100	20	0,120
9. dto.	19 100	0,0067	8 000	25	0,150

Die Zahlen sind beim Beharrungszustande der Wasserläufe ermittelt worden. Gewisse Widersprüche, die beim Vergleich einzelner Angaben (z. B. bei Nr. 1) zu bestehen scheinen, erklären sich aus Besonderheiten der Oberflächenform und des Bestandes derselben; es handelte sich sowohl um Ackerboden als Waldland. Als Beweis für die S. 173 hervorgehobene Thatsache, daß Angaben von Regenmessern, welche nicht mitten im Niederschlagsgebiet selbst aufgestellt sind, besonders mit Bezug auf schwere Niederschläge, leicht falsche Angaben liefern, ist noch hinzuzufügen, daß bei dem obigen Regenfall der in nächster Nähe außerhalb des Gebiets aufgestellte Regenmesser eine erheblich kleinere Regenmenge als gefallen angegeben hatte als thatsächlich abgeflossen war.

Die oben aus verschiedenen Städten mitgeteilten Zahlen erweisen außerordentlich große Verschiedenheiten, die aber, nach demjenigen, was oben über die mitwirkenden vielen Faktoren angeführt worden ist, erklärlich sind. Auch haftet denselben ein größeres Maß von Ungenauigkeit sowohl in der Menge des Abflusses, als in der Größe des Abflußgebietes an. In den Abflußmengen wird z. B. der Trockenabfluß mit enthalten sein, der in den verschiedenen Orten sehr ungleich sein kann, und in die Flächengrößen wird für einige Orte das ganze betreffende Gebiet — ohne Rücksicht darauf, ob einzelne Teile desselben Beiträge zu dem Kanalwasser lieferte oder nicht, einbezogen sein, während an anderen Orten solche Flächen, die wie Gärten, von denen kein Abfluß erfolgt, von der Berechnung ausgeschlossen sind; letzteres ist, wie schon oben bemerkt ward, bei den Angaben für Dresden geschehen.

§ 132. Im allgemeinen lehren die obigen Zahlen, daß die Abflußmengen, welche ein größerer Regenfall liefert, zwischen 10 und fast 100 Prozent wechseln können. Die höchsten Zahlen gelten für wasserundurchlässige und gleichzeitig stark geneigte Flächen, die kleinsten für durchlässige und wenig geneigte, oder ganz ebene Flächen.

Die Größe der wasserundurchlässigen Flächen aber nimmt mit der Bebauungsdichte zu; man kann daher sagen, daß je größer die Bewohnungsdichte einer Stadt oder eines Stadtteils, um so größer auch die Abflußmengen des Regenwassers sein werden. Während aber mit Bezug auf die Hauswasser die Abflußmengen in einfachem Verhältnis mit der Bewohnerzahl für die Flächeneinheit wachsen, erfolgt das Wachstum mit Bezug auf den Abfluß, der auf die Meteorwasser entfällt, langsamer, und giebt es schließlich eine Grenze, die nicht überschritten wird, weil jedenfalls ein gewisser Teil der berechneten Fläche unüberbaut, bezw. der Benutzung als Straße u. s. w. entzogen bleibt.

Da aber die Bebauungsdichte wechselt — in der Regel zunimmt — so ersieht sich, daß bei städtischen Entwässerungsanlagen mit der Möglichkeit größerer Abflußmengen aus den Meteorwassern als den „heutigen" gerechnet werden muß. Dieselben sind aber auch da, wo eine Vergrößerung der Bebauungsdichte nicht zu erwarten ist, in Aussicht zu nehmen, weil durch Verbesserungen in der Beschaffenheit des Straßenpflasters — z. B. Einführung von Asphaltpflaster an Stelle von Steinpflaster — der Abfluß aus den Meteorwassern eine wesentliche Vermehrung erfahren kann.

Nach dem Grade der Durchlässigkeit kann man das Entwässerungsgebiet in verschiedene Gruppen einordnen. Kuichling (a. a. O.) nimmt (für amerikanische Städte) 5 Gruppen an und rechnet in:

Gruppe 1. Dachflächen.
„ 2. Gehwege (Bürgersteige, Trottoire), Asphaltstraßen und Holzpflaster mit wasserdichten Fugen; hierher können auch Steinpflasterungen mit wasserdichten Fugen gerechnet werden
„ 3. Gute Promenaden; geringere Gehwege; rauhe Steinpflasterungen. Makadam.
„ 4. Gehwege geringster Beschaffenheit; Kiesstraßen.
„ 5. Erdwege.

Bei den Dachflächen (Gruppe 1) ist der Anteil für Verdunsten und Aufsaugen so gering, daß hier ein Abzug dafür nicht gerechtfertigt ist, sondern die Abflußmenge = Regenhöhe gesetzt werden muß. Nur wo unter den Dächern auch flache in einiger Zahl vorkommen, mag man einige Prozente — bis vielleicht 5 — in Abzug bringen.

Bei den fast undurchlässigen Flächen der Gruppe 2 mag man, wenn nicht stärkere Straßengefälle vorkommen (nach Kuichling) etwa 20 % Abzug für Verdunsten und Einsickern rechnen, oder, was dasselbe sagt, 80 % dieser Flächen als „wasserundurchlässige" den Flächen der Gruppe 1 zurechnen.

Für Flächen, die der Gruppe 3 zuzählen, rechnet Kuichling 40 %, für guten Makadam 50 % als Abzüge für Verdunstung und Versickerung, d. h. 60 bezw. 50 % Größe, wenn dieselben auf wasserundurchlässige umgerechnet werden.

Flächen der Gruppe 4 sollen 60, der Gruppe 5: 80 % Abzug für Verdunstung und Versickerung zulassen, oder, was dasselbe sagt, mit 40 bezw. 20 % ihrer Größe als wasserundurchlässige Flächen in Rechnung gestellt werden.

Es läßt sich nun unter bestimmten Beobachtungsverhältnissen leicht mit einiger Annäherung feststellen, welche Prozentsätze von der Größe eines Entwässerungsgebietes auf wasserundurchlässige Flächen und solche, die nahezu wasserundurchlässig sind, entfallen.

Für die villenartige Bebauung von Rochester u. s. w. ermittelte beispielsweise Kuichling folgendes: Es wohnen auf 80 bis 100 qm durchschnittlich 80 Menschen in 15 Häusern; 12 davon haben je 100 qm und 3 haben je 160 qm Grundfläche

(Miethäuser). Die Straßenbreite ist im Durchschnitt 16,6 m. Alsdann ist die Größe der Dachflächen für 1 ha in Prozent:

$$\frac{12 \,.\, 100 + 3 \,.\, 160}{10000} = 16{,}8\ \%,$$

mit einem Zuschlag von 3,2 % für Hintergebäude u. s. w., 20 %.

Die Straßenfläche nimmt bei der angegebenen Straßenbreite 23,4 % ein, wofür mit Rücksicht auf etwaige spätere Durchbrüche u. s. w. 25 % angesetzt werden. Von diesen sind etwa $^2/_3$ = 16 % als mit nahezu undurchlässigem Pflaster und Gehwegen anzusetzen, 9 % von minderer Wasserdurchlässigkeit.

Alsdann ist die Gesamtfläche des Stadtgebietes auf wasserundurchlässige Fläche zurückgeführt:

Dächer	20 %,
fast wasserdichte Straßenflächen 0,8 . 16 % = . .	13 „
weniger wasserdichte Straßenflächen 0,4 . 9 % = .	3,6 „
hierzu noch ein Zuschlag für Berücksichtigung von Flächen, die in Gruppe 4 u. 5 oben gehören, von	1,4 „
Summa . .	38 %.

Für 100 und 120 Bewohner pro Hektar berechnet Kuichling die wasserundurchlässigen Flächen in gleicher Weise auf 52 bezw. 56 % des Gesamtgebietes.

Bei geschlossener städtischer Bebauung mit vielleicht 500 Bewohnern pro Hektar stellt sich der Anteil höher heraus. Wenn z. B. baupolizeilich festgesetzt ist, daß 0,66 der Grundstücksgröße bebaut werden dürfen und die Straßenfläche 25 %, die Fläche von Gewässern und Schmuckanlagen noch 5 % bedeckt, so ergiebt sich, wenn die Beschaffenheit des Pflasters und der Gehwege zu 0,8 als fast wasserundurchlässig, zu 0,2 als weniger wasserundurchlässig gedacht wird, folgende Zahlenreihe:

100 — (25 + 5) 0,66	= 46,2 %	in wasserundurchlässigen Flächen der Dächer,
25 . 0,8 . 0,8	= 16,0 %	desgleichen in Straßen,
25 . 0,2 . 0,5	= 5,5 %	desgleichen in Straßen mit geringerer Pflasterung,
5 . 0,2	= 1,0 %	desgleichen in Schmuckplätzen u. s. w.
zusammen	65,7 %,	

wozu für spätere Zustandsänderungen, die möglich sind, vielleicht noch ein kleiner Zuschlag zu machen wäre. Doch ist die Zahl, verglichen mit bestimmten Fällen, schon ziemlich hoch, so daß man sagen darf, daß 66 % des gesamten dicht bebauten Stadtgebietes als wasserundurchlässige Fläche gerechnet, wohl als ein Maximum erachtet werden dürfen; es sei denn, daß es sich um Gebiete mit starken Gefällen oder solche von sehr geringer Ausdehnung handelt; in diesen kann der Anteil (vergl. die Beobachtungsresultate aus England S. 204) bis auf nahezu 100 % steigen.

Kuichling berechnet für Städte mit 40—125000 Einwohnern die wasserundurchlässige Fläche auf 14,7—52,6 %.

§ 133. Das Wasser, welches von einer Fläche abfließt, erfolgt zwar aus einer Schicht von überall gleicher Regenhöhe; doch bildet der Prozentsatz, welcher davon zum Abfluß gelangt, keine überall gleich hohe Schicht, da derselbe mit der Entfernung von der Einlaßstelle geringer wird, weil auf den längeren Wegen zu letzterem Verdunstung und Versickerung Zeit haben, sich in stärkerem Maße geltend zu

machen, als auf dem kürzeren. Diese Schicht flacht sich daher mit der Entfernung von der Einlaßstelle etwa wie ein Keil ab, und nimmt von einer Höhe, übereinstimmend mit der Regenhöhe unmittelbar neben der Einlaßstelle, in dem Falle, daß das Abflußgebiet hinreichende Ausdehnung hat, bis zur Grenze desselben auf Null ab. Von hier ab wird, weitergehend, die ganze Regenhöhe durch Versickerung und Verdunstung, sowie durch das Arbeitsvermögen, welches zur Ueberwindung der dem Abfluß entgegen wirkenden Reibungswiderstände erforderlich ist, aufgezehrt.

§ 134. Die alsbaldige Aufnahme und Fortführung so großer Wassermengen würde Kanäle von nicht zu beschaffenden Weiten und Kosten erfordern, wenn es sich auch nur um Gebiete von ein paar hundert Hektaren Ausdehnung handelte. Denn ein Regenfall von 1,0 mm Höhe in 1 Minute, womit gerechnet werden muß (S. 180), ergiebt pro Hektar: $\frac{1,0}{60}\,10 . 1000 = 166$ Sek.-Liter, also für nur 200 ha sekundlich $\frac{0,66 . 200 . 166}{1000} = 22$ cbm Wasser.

Die Technik stände also hier einer technisch nur schwer und wirtschaftlich gar nicht durchführbaren Aufgabe gegenüber, wenn nicht ein Umstand hinzukäme, der das Bild völlig veränderte. Dies ist die Verzögerung, welche der Abfluß erleidet, oder der Mehrbedarf der Zeit, den der Abfluß über die Dauer des Regenfalles hinaus erfordert.

Wie am Beginn eines Regenfalles zunächst nur die den Einlässen unmittelbar anliegenden Flächenteile den Kanälen Wasser zuführen, und erst nach und nach immer weitere Flächenteile dem Kanal tributär werden, bis schließlich nach Ablauf einer gewissen, besonders durch Größe, Form und Gefälle des Entwässerungsgebiets bedingten Zeitraumes der Beharrungszustand erreicht wird, während dessen Dauer die sekundlich abgeführte Wassermenge gleichbleibend ist, so schließt sich auch an das Ende des Regenfalles eine Uebergangsperiode an. Wenn die am Anfang liegende Uebergangsperiode die Zeit des stetigen Wachstums der sekundlich zugeführten Wassermenge war, so ist die am Ende liegende Periode, in welcher vermöge des Umstandes, daß von einem immer größer werdenden Flächenteil der Zufluß aufhört, diejenige, der stetigen Wiederabnahme der sekundlichen Wassermenge, bis auf Null. Die Erfahrung lehrt nun, daß in dieser Verzögerung eine gewisse Regelmäßigkeit besteht. Man hat in zahlreichen Fällen beobachtet, daß in ebenem oder wenig bewegtem Gelände die Zeitdauer, welche vom Beginn des Zuflusses bis zur Beendigung desselben erforderlich wird, das 3- bis 4fache der Regendauer beträgt, im Mittel also das $3\frac{1}{2}$fache. Die Verzögerung würde dabei also das $2\frac{1}{2}$-fache der Regendauer sein.

Wenn nun auch diese Zahl nicht zu allgemeiner Anwendung geeignet ist, so hat man von derselben doch nicht selten Gebrauch gemacht; besonders scheint dies von englischen Technikern geschehen zu sein. Indem man von einem bestimmten Verhältniß $A : R$, wo unter A der (sekundliche) Abfluß, unter R die (sekundliche) Regenmenge verstanden ist, ausging, erhielt man nach der Gleichung:

$$\frac{A}{R} = \frac{0,53 - 0,94}{3,5}$$

sekundliche Abflußmengen:

$$A = 0,15\,R \text{ bis } A = 0,27\,R, \text{ im Mittel } A = 0,21\,R,$$

nach welchen die Querschnitte bestimmt werden konnten, wenn das Niederschlagsgebiet gegeben war.

Es ersieht sich indessen, daß die Anwendung dieser Formeln zu groben Fehlern führen kann, da dieselben weder das Gefälle des Abflußgebietes noch die Größe desselben berücksichtigen; beide werden aber die Verzögerungsdauer bedeutend beeinflussen. Es ist daher der Wert 3,5 nicht als gleichbleibend anzusehen, sondern muß veränderlich sein und zwar in der Weise, daß derselbe mit der Flächengröße wächst und abnimmt; einem kleinen F gehört ein Wert $< 3,5$ an, während einem großen F ein Wert $> 3,5$ entspricht. Dies führt darauf, daß richtige Formeln für Abflußmengen als Funktionen der Flächengröße zu denken sind, daneben des Gefälles.

Bevor auf die Angabe derartiger Formeln eingegangen wird, sei noch ein anderer Punkt, der an die obige Formel für $A:R$ anknüpft, erledigt. Jene Beziehung zwischen Abfluß und Regenmenge ist linear und sie setzt Gleichheit des Regenfalles während der ganzen Regendauer voraus. Da aber die Dichte gerade solcher Regenfälle, die bei Anlage städtischer Kanalisationen zu Grunde zu legen sind, stark wechselt, so folgt, daß die nach jenen Formeln berechneten Kanäle nicht im stande sind, während der ganzen Dauer des Regenfalles das zufließende Wasser aufzunehmen, sondern der Zufluß zeitweilig über ihre Leistungsfähigkeit hinausgehen wird. Dieser Mangel der Formel ist indessen leicht zu verbessern, wenn das Verhältnis der größten Regendichte zur durchschnittlichen bekannt ist, indem man alsdann die Abflußmenge nur in demselben Verhältnis größer anzunehmen braucht.

Wird verlangt, daß die Kanäle im Stande sind, das Wasser in demselben Maße aufzunehmen, als dasselbe zufließt und geht man von einem bestimmten häufig beobachteten Intensitätswechsel aus, nämlich 2,5 (S. 181), so wird man sich der Formel bedienen können:

$$A = 2,5 \,.\, 0,15\, R = 0,375\, R, \text{ bezw. } A = 0,665\, R, \text{ bezw. } A = 0,525\, R.$$

Kanäle, die hiernach berechnet sind, würden im Stande sein, den sogen. gleichzeitigen Abfluß der Regenmenge zu bewältigen.

§ 135. Die vorstehend mitgeteilten Formeln sind, obwohl auf Beobachtungen fußend, insofern mangelhaft, als in denselben der Einfluß, den die Ausdehnung des Niederschlagsgebietes, die Flächengröße, übt, unberücksichtigt bleibt. Von der Flächengröße, d. h. von der Zeit, die eine gewisse Regenmenge zum vollständigen Abfluß braucht, hängen Verdunstung und Versickerung ab; von der Flächengröße hängt auch die Zeitdauer, innerhalb welcher der Abfluß zu Ende gelangt, ab. Es kann daher nicht richtig sein, die Dauer des Abflusses allgemein = dem 3,5fachen der Regendauer zu setzen, wie in den obigen Formeln geschieht. Bei kleinen Flächen wird die Verzögerung geringer, bei großen kann sie größer als 2,5 sein. In einer richtig gebauten Formel für die Abflußmenge muß daher notwendig die Flächengröße F vorkommen. Außerdem müßte die Formel das Gefälle des Niederschlagsgebietes enthalten. Letzteres Erfordernis ist jedoch von etwas minderem Belang, weil die bei städtischen Straßen vorkommenden Gefälle innerhalb gewisser, nicht allzu weiter Grenzen liegen, so daß man im Stande ist, das Gefälle durch Einführung gewisser Koeffizienten oder Zuschläge ausreichend genau zu berücksichtigen.

Bezeichnet man mit A die sekundliche größte Abflußmenge, mit R die sekundliche größte Regendichte (beide in Liter pro Hektar ausgedrückt), mit F das Niederschlagsgebiet in Hektar und mit φ und ψ zwei Koeffizienten, von denen φ, weil er der Verlängerung der Abflußdauer im Vergleich zur Regendauer entspricht, als „Verzögerungskoeffizient" bezeichnet werden mag und ψ Bezug auf das Verhältnis der

wasserundurchlässigen Flächengröße zur Gesamtgröße des Niederschlagsgebietes hat, so ist der allgemeinste Ausdruck für die maximale sekundliche Abflußmenge in der Formel gegeben:

$$\frac{A}{R} = \varphi \, . \, \psi \, . \, F.$$

Für ψ sind die Werte auf S. 70 ff. zu etwa 0,4 bis 0,7 berechnet worden. Es ist klar, daß man zu unrichtigen Resultaten gelangen würde, wollte man für das ganze Stadtgebiet einen einzigen Wert des Koeffizienten annehmen; es müssen „Bezirke" gebildet und ist für jeden einzelnen ein besonderer Wert von ψ zu ermitteln.

Was den Wert φ betrifft, so ist dieser von F abhängig, vielleicht auch von der Regendauer. Bringt man ihn (wie Kuichling es gethan hat) in Beziehung zu letzterer und nimmt man mit ihm einfache Proportionalität zwischen beiden an, d. h. $\varphi = \mu t$, wo μ eine aus örtlichen Verhältnissen zu bestimmende Konstante ist, so hat man:

$$\frac{A}{R} = \psi \, . \, \mu t \, . \, F,$$

und wenn man für die größte Regendichte R den Wert nach S. 182 einsetzt und umformt, so findet sich:

$$A = \varphi \, \mu \, t \, F \, (b - c\,t).$$

Die Formel ist selten anwendbar, weil sie Konstanten enthält, die nur aus den örtlichen Verhältnissen durch Beobachtungen bestimmt werden können. Außerdem ist es fraglich, ob eine so gesetzmäßige Beziehung zwischen Regendauer, größter Regendichte und Verzögerung des Abflusses besteht, als Kuichling annimmt, während die Abhängigkeit des Koeffizienten φ von der Flächengröße unbezweifelt ist, bis zu einem gewissen Grade theoretisch klar gelegt werden kann und von der Erfahrung überall bestätigt wird. Wären die in der Formel enthaltenen Voraussetzungen zutreffend, so würde die Formel das Maximum der Abflußmenge ergeben.

Von englischen, amerikanischen und deutschen Technikern rühren mehrere Formeln her, die hier ohne Angabe von Zahlenkoeffizienten mitgeteilt werden:

Von Hawksley $\frac{A}{R} = k\,F \sqrt[4]{\frac{s}{F\,R}}$ (1)

„ Adams $\frac{A}{R} = k_1 F \sqrt[12]{\frac{s}{F^2\,R^2}}$ (2)

„ Mc. Math $\frac{A}{R} = k_2 F \sqrt[5]{\frac{s}{F}}$ (3)

„ Bürkli-Ziegler . . $\frac{A}{R} = k_3 F \sqrt[4]{\frac{s}{F}}$ (4)

Ganz absehend von der Frage, ob diese Formeln sich auf theoretischer Grundlage aufbauen oder rein empirische sind, kann man gegen die unter 1 und 2 mitgeteilten das Bedenken erheben, daß der Abfluß mit der Regenmenge R nicht in geradem sondern nur in einem geringeren Verhältnis wächst; hierfür dürfte ein Grund kaum erdenkbar sein. Die Formeln zu 3 und 4 sind von diesem Bedenken frei. Kuichling teilt a. a. O. Zahlenwerte der Koeffizienten $k_1 \ldots k_3$ mit, von welchen jedoch hier abgesehen wird. s bezeichnet in allen Formeln den sinus der Oberflächenneigung, oder das damit nahe übereinstimmende relative Gefälle. —

Von Bürkli-Ziegler rührt die aus Umänderung der Formel zu 4 hervorgegangene anderweite Formel her:

$$\frac{A}{R} = 0{,}5 \sqrt[4]{\frac{s}{F}} = 0{,}5 \sqrt[4]{s} \frac{1}{\sqrt[4]{F}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 5)$$

in welcher s aber das Kanalgefälle auf Tausend bezeichnet, A und R in Sekundenlitern und, entsprechend, F in Hektaren zu verstehen ist.

Für mittlere Gefälle (etwa 0,001—0,004 oder $s = 1—4$) würde $\sqrt[4]{s}$ nahe an 1 liegen, also einen erheblichen Einfluß nicht äußern, für die größten Kanalgefälle wird $\sqrt[4]{s}$ wenig über 1,5 steigen können. Das scheint den thatsächlichen Verhältnissen zu entsprechen. Anders wenn man für s steile Straßengefälle einsetzt, die vielfach zu 25—40 auf Tausend hinaufgehen; hier würde $\sqrt[4]{s}$ auf etwa 2,25—2,50 anwachsen. Ob auch hierbei, wenn nicht das Wasser in recht hoher Schicht abfließt, noch Uebereinstimmung mit der Wirklichkeit stattfindet, mag zweifelhaft sein.

Der Zahlenbeiwert 0,5 entspricht dem Koeffizienten ψ und stellt einen Mittelwert desselben dar. Es ist aber zu wiederholen, daß ein einziger bestimmter Wert von ψ keine Berechtigung hat, sondern diesen Koeffizient mit der Bebauungsdichte des Niederschlagsgebiets (wasserundurchlässige Fläche) wechseln muß. Für sehr dicht bebaute Gebiete ist $\psi = 0{,}5$ zu klein.

Der Koeffizient φ wird in der Formel 5 durch den Faktor $\frac{1}{\sqrt[4]{F}}$ vertreten.

Die Formel ist daher richtig gebaut; doch fragt sich zweierlei: 1. ob es berechtigt ist, das Kanalgefälle in dieselbe einzuführen, da es sich doch um das Gefälle der Fläche handelt, von welcher der Abfluß erfolgt? und 2. ob für den Wert $\varphi = \frac{1}{\sqrt[4]{F}}$ eine ausreichende Begründung zu beschaffen ist?

Vermutlich ist es zu 1 die Thatsache gewesen, daß in England das Gefälle der Kanäle sich dem Straßengefälle meist recht eng anschließt, welche Bürkli-Ziegler Veranlassung gegeben hat, auf das Kanalgefälle zurückzugreifen. Wo die angegebene Uebereinstimmung besteht, oder nahezu besteht, wird man daher ohne Bedenken den Faktor $\sqrt[4]{s}$ benutzen dürfen.

Zu 2. Wenn ein materieller Punkt, als welcher hier ein Regentropfen gedacht wird, sich eine Ebene mit dem Neigungswinkel α hinab bewegt, so geschieht dies mit der Beschleunigung $p = g \sin \alpha$ und der am Ende der Zeit t zurückgelegte Weg l ist daher:

$$l = g \sin \alpha \frac{t^2}{2}$$

und die Zeitdauer, welche dieser Weg erfordert:

$$t = \sqrt{\frac{2\,l}{g \sin \alpha}}.$$

Da sich nun die Abflußmenge umgekehrt wie t verhält, ist:

$$\frac{A}{R} = \frac{1}{t} = \sqrt{\frac{g \sin \alpha}{2\,l}} = \frac{\sqrt{g \sin \alpha}}{\sqrt{2\,l}}.$$

Für Flächen jeder Gestalt wird aber $\sqrt{2\,l}$ in einem gewissen Verhältnis zur Flächengröße F stehen und man kann daher setzen:

$$l = \beta \sqrt{F}$$

worin β ein von der Form der Fläche abhängiger Koeffizient ist. Danach wird:

$$\sqrt{2\,l} = \sqrt{2\,\beta}\;\sqrt[4]{F}$$

wonach schließlich wird:

$$\frac{A}{R} = \psi \sqrt{\frac{g \sin \alpha}{2\,\beta}}\;\frac{1}{\sqrt[4]{F}} \quad \ldots\ldots\ldots\ 6)$$

Bei rechteckigen oder nahezu rechteckigen Figuren ist l etwa $\frac{1}{2}$ der Seitenlänge, beim Kreise etwa $\frac{1}{2}$ des Durchmessers; mithin kann für Flächen dieser Art $\beta = \frac{1}{2}$ gesetzt werden. Dann wird:

$$\frac{A}{R} = \psi \sqrt{g \sin \alpha}\;\frac{1}{\sqrt[4]{F}}.$$

Der mittlere Faktor nimmt für die Neigung von etwa 0,1 den Wert 1 an; für kleinere Neigungen wird derselbe geringer, für stärkere größer. Für größere Neigungen als 0,1 wird daher die Formel:

$$\frac{A}{R} = \psi \frac{1}{\sqrt[4]{F}}$$

zu kleine Abflußmengen ergeben, für geringere dagegen zu große, also sichernde.

Bei der Ungewißheit, welche hiernach bestehen bleibt, empfiehlt sich der Versuch $\frac{A}{R}$ aus Beobachtungen zu bestimmen. Dazu setzte Baumeister*):

$$\frac{A}{R} = \frac{x}{\sqrt[4]{F}} \text{ oder } x = \frac{A}{R}\sqrt[4]{F}$$

und ermittelte nun aus den S. 204 mitgeteilten Beobachtungen den Wert x angenähert wie folgt:

	im flachen Gelände	im Gelände mit Neigung
für offene Bebauung	0,5	1,0
„ geschlossene (enge) Bebauung	1,0	2,0

Wenn man ausrechnet, für welche Werte von F die Abflußmenge einen bestimmten Prozentsatz der Regenmenge — etwa 0,3 — erreicht, so ergiebt sich, daß für

offene	Bebauung	im	flachen	Gelände	dies	bei	$F_1 =$ etwa 10 ha	($x = 0,5$)
„	„	„	geneigten	„	„	„	$F_2 =$ „ 50 „	($x = 1,0$)
geschlossene	„	„	flachen	„	„	„	$F_3 =$ „ 50 „	($x = 1,0$)
„	„	„	geneigten	„	„	„	$F_4 =$ „ 100 „	($x = 2,0$)

stattfindet. Für diese oder ähnliche große Flächen würde daher die Faustregel, daß der Abfluß etwa 0,3 oder wenig darüber beträgt, Geltung beanspruchen können, desgleichen für größere Flächen, nicht aber für kleinere. Die Benutzung der obigen Zahlen ist daher an die ermittelten untern Grenzwerte von F gebunden.

Die vorstehenden Ermittelungen, halb rechnerisch, halb auf Beobachtung gegründet, lassen die großen Schwierigkeiten erkennen, welche einer nur halbwegs genauen Bestimmung der Abflußmengen entgegenstehen. Bei den weiten Grenzen,

*) Deutsche Bauzeitung 1884, S. 178.

innerhalb deren die dem Einfluß des Gefälles entsprechende Zahl sich bewegt, ist es sehr schwer, in einem bestimmten Falle den dafür passenden Wert zu treffen. Deshalb wird es richtiger sein, die Anwendung des obigen Verfahrens auf überschlägliche Rechnungen zu beschränken, für die entscheidenden Rechnungen jedoch die Grundlagen den thatsächlichen Verhältnissen des betreffenden Falles zu entnehmen. Dies hat auch keine unüberwindlichen Schwierigkeiten, da sowohl das Gefälle des Geländes $\left(\text{Koeffizient } \varphi = \frac{1}{\sqrt[4]{F}}\right)$ als auch die Größe der wasserundurchlässigen Flächen (Koeffizient ψ) ausreichend genau festgelegt werden können.

Die Berücksichtigung des Gefälles läßt sich auch anstatt der Einführung eines besonderen Koeffizienten in der Weise verwirklichen, daß man $\varphi = \frac{1}{\sqrt[4]{F}}$ entsprechend vergrößert, indem man anstatt der 4. die 5. oder 6. Wurzel aus der Flächengröße einführt. Obwohl dies Verfahren nicht gerade als rationell anzusehen ist, findet dasselbe doch neuerdings Eingang. In Königsberg i. Pr. mit teilweise stark bewegtem Gelände hat man $\frac{A}{R} = \frac{1}{\sqrt[5]{F}}$, in Wiesbaden, mit großenteils sehr steilem Gelände $\frac{A}{R} = \frac{1}{\sqrt[6]{F}}$ angenommen.

Wie sich die Ergebnisse der drei Annahmen für φ unter Voraussetzung zweier Regenfälle, die bezw. 25 und 45 mm Regenhöhe in 1 Stunde liefern, bezw. liefern würden, wenn der Regenfall die Dauer von 1 Stunde erreichte, gestalten, zeigt folgende Tabelle, welche neben den Abflußmengen die zugehörigen Werte der Verzögerungskoeffizienten angiebt:

Tabelle I.

Fläche ha	$\varphi = \frac{1}{\sqrt[4]{F}}$	Verzögerung + 1	Abfluß Sek.-Lit.	$\varphi = \frac{1}{\sqrt[5]{F}}$	Verzögerung + 1	Abfluß Sek.-Lit.	$\varphi = \frac{1}{\sqrt[6]{F}}$	Verzögerung + 1	Abfluß Sek.-Lit.
1	1,00	1,00	70 125	1,00	1,00	70 125	1,00	1,00	70 125
2	0,85	1,18	60 106	0,87	1,15	61 109	0,88	1,13	62 110
3	0,76	1,32	53 95	0,80	1,25	56 100	0,83	1,21	58 104
4	0,71	1,34	50 89	0,76	1,32	53 95	0,79	1,26	55 99
5	0,67	1,49	47 84	0,73	1,38	51 91	0,77	1,31	54 96
6	0,64	1,56	45 80	0,70	1,43	49 88	0,74	1,35	52 93
7	0,62	1,63	44 78	0,68	1,48	48 85	0,72	1,39	50 90
8	0,60	1,69	42 75	0,66	1,52	46 83	0,70	1,42	49 88
9	0,58	1,74	41 73	0,64	1,56	45 80	0,69	1,45	48 86
10	0,56	1,79	39 70	0,63	1,59	44 79	0,68	1,47	48 85
15	0,51	1,96	36 64	0,58	1,72	41 73	0,63	1,57	44 79
20	0,47	2,12	33 59	0,55	1,82	39 69	0,60	1,65	42 75
30	0,43	2,34	30 54	0,51	1,97	35 64	0,57	1,76	41 71

Fläche ha	$\varphi = \frac{1}{\sqrt[4]{F}}$	Verzögerung + 1	Abfluß Sek.-Lit.	$\varphi = \frac{1}{\sqrt[5]{F}}$	Verzögerung + 1	Abfluß Sek.-Lit.	$\varphi = \frac{1}{\sqrt[6]{F}}$	Verzögerung + 1	Abfluß Sek.-Lit.
40	0,40	2,52	28 50	0,48	2,09	34 60	0,54	1,85	38 68
50	0,38	2,66	27 48	0,46	2,19	32 58	0,52	1,92	36 65
60	0,36	2,78	25 45	0,44	2,27	31 55	0,51	1,98	36 64
70	0,34	2,89	24 43	0,43	2,34	30 54	0,50	2,02	35 63
80	0,33	3,00	23 41	0,42	2,40	29 53	0,48	2,08	34 60
90	0,32	3,10	22 40	0,41	2,46	29 51	0,47	2,12	33 59
100	0,31	3,16	22 39	0,40	2,50	28 50	0,46	2,15	32 58
150	0,29	3,50	20 36	0,37	2,72	26 46	0,43	2,34	30 54
200	0,27	3,75	19 34	0,35	2,89	25 44	0,41	2,46	29 51
300	0,24	4,16	17 30	0,32	3,10	22 41	0,39	2,59	27 49
400	0,22	4,48	15 28	0,30	3,32	21 38	0,37	2,72	26 46
500	0,21	4,73	15 26	0,29	3,47	20 36	0,36	2,81	25 45
1000	0,18	5,63	13 23	0,25	4,00	18 31	0,32	3,16	22 41
2000	0,15	6,69	11 19	0,21	4,58	15 26	0,28	3,55	20 35
3000	0,14	7,40	9 18	0,20	4,96	14 25	0,27	3,80	19 34
4000	0,13	7,95	9 17	0,19	5,25	14 24	0,25	3,98	18 31
5000	0,12	8,41	8 15	0,18	5,49	13 23	0,24	4,14	17 30

Die vorstehend berechneten Werte bedürfen nun noch der Korrektur mittelst des Koeffizienten ψ, um die Oberflächenbeschaffenheit, d. h. den Abzug, der auf Verdunstung und Versickerung entfällt, zu berücksichtigen. Die Korrektur kann ausgeführt werden, indem man das — durchlässige — Entwässerungsterrain in seiner Gesamtheit auf wasserundurchlässiges zurückführt (für welches $\psi = 1$ ist) oder auch — und mit größerer Genauigkeit — indem man das Gebiet in Teile zerlegt, in deren jedem ein gewisser Grad von Uebereinstimmung mit Bezug auf den Koeffizienten ψ stattfindet und nun für die einzelnen Teile mit den den Verhältnissen anzupassenden Werten ψ_1, ψ_2, ψ_3 u. s. w. rechnet.

Für die Entwässerungsanlage von Wiesbaden wurde mit fünf Werten von ψ gerechnet, entsprechend der Einteilung des ganzen Gebiets in fünf Gattungen und zwar:

1. Gattung: Bezirke mit dichter Bebauung $\psi_1 = 0{,}80$,
2. „ „ „ weiträumiger Bebauung . . $\psi_2 = 0{,}60$,
3. „ „ „ Villenbebauung $\psi_3 = 0{,}40$,
4. „ Unbebaute Bezirke mit nackter Oberfläche $\psi_4 = 0{,}20$,
5. „ Waldflächen, Schmuckplätze, Anlagen . . $\psi_5 = 0{,}10$.

Die Werte von ψ mögen unter anderen Verhältnissen anders als hier gewählt werden. Es scheint aber, daß sie nicht zu klein angenommen sind und dieser Umstand rechtfertigt es, die obigen Tabellenwerte der Abflußmengen nach denselben abzuändern; dadurch ergiebt sich folgende weitere Tabelle:

Tabelle II: Abflußmengen für 25 bezw. 45 mm stündliche Regenhöhe.

Fläche F ha	Abflußmengen Sekunden-Liter					Abflußmengen Sekunden-Liter					Abflußmengen Sekunden-Liter				
	$\psi_1 =$ 0,80	$\psi_2 =$ 0,60	$\psi_3 =$ 0,40	$\psi_4 =$ 0,20	$\psi_5 =$ 0,10	$\psi_1 =$ 0,80	$\psi_2 =$ 0,60	$\psi_3 =$ 0,40	$\psi_4 =$ 0,20	$\psi_5 =$ 0,10	$\psi_1 =$ 0,80	$\psi_2 =$ 0,60	$\psi_3 =$ 0,40	$\psi_4 =$ 0,20	$\psi_5 =$ 0,10
1	56	42	28	14	7	56	42	28	14	7	56	42	28	14	7
	100	75	50	25	12,5	100	75	50	25	12,5	100	75	50	25	12,5
2	48	36	24	12	6	49	37	25	13	6,5	50	37	25	13	6,5
	85	64	42	21	10,5	87	65	44	22	11	88	66	44	22	11
3	42	32	21	10	5	45	34	23	12	6	46	35	23	12	6
	76	57	38	19	9,5	80	60	40	20	10	83	62	42	21	10,5
4	40	30	20	10	5	42	32	21	11	5,5	44	33	22	11	5,5
	71	50	35	18	9	76	57	38	19	9,5	79	59	40	20	10
5	38	29	19	10	5	41	31	21	11	5,5	43	32	22	11	5,5
	67	50	33	17	9	73	55	37	19	9,5	77	58	39	20	10
6	36	27	18	9	4,5	39	29	20	10	5	42	31	21	11	5,5
	64	48	32	16	8	70	53	35	18	9	74	56	37	19	9,5
7	35	26	18	9	4,5	38	29	19	10	5	40	30	20	10	5
	62	47	31	16	8	68	51	34	17	8,5	72	54	36	18	9
8	34	25	17	9	4,5	37	28	19	10	5	39	29	20	10	5
	60	45	30	15	7,5	66	50	33	17	8,5	70	53	35	18	9
9	33	25	17	9	4,5	36	27	18	9	4,5	38	29	19	10	5
	58	44	29	15	7,5	64	48	32	16	8	69	52	35	18	9
10	31	23	16	8	4	35	26	18	9	4,5	38	29	19	10	5
	56	42	28	14	7	63	47	32	16	8	68	51	34	17	8,5
15	29	22	15	8	4	33	25	17	9	4,5	38	26	19	10	5
	51	38	26	13	6,5	58	44	29	15	7,5	63	47	34	17	8,5
20	26	20	13	7	3,5	31	23	16	8	4	34	25	17	9	4,5
	47	35	24	12	6	55	41	28	14	7	60	45	30	15	7,5
30	24	18	12	6	3	28	21	14	7	3,5	33	25	17	9	4,5
	43	32	22	11	5,5	51	38	26	13	6,5	57	43	29	15	7,5
40	22	17	11	6	3	27	20	14	7	3,5	30	23	15	8	4
	40	30	20	10	5	48	36	24	12	6	54	41	27	14	7
50	22	16	11	6	3	26	19	13	7	3,5	29	22	15	8	4
	38	29	19	10	5	46	35	23	12	6	52	39	26	13	6,5
60	20	15	10	5	2,5	25	19	13	7	3,5	29	22	15	8	4
	36	27	18	9	4,5	44	33	22	11	5,5	51	38	26	13	6,5
70	19	14	10	5	2,5	24	18	12	6	3	28	21	14	7	3,5
	34	26	17	9	4,5	43	32	22	11	5,5	50	38	25	13	6,5
80	18	15	9	5	2,5	23	17	12	6	3	27	20	14	7	3,5
	33	25	17	9	4,5	42	32	21	11	5,5	48	36	24	12	6
90	18	13	9	5	2,5	23	17	12	6	3	26	20	13	7	3,5
	32	24	16	8	4	41	31	21	11	5,5	47	35	24	12	6
100	18	13	9	5	2,5	22	17	11	6	3	26	19	13	7	3,5
	31	23	16	8	4	40	30	20	10	5	46	35	23	12	6
150	16	12	8	4	2	21	16	11	6	3	24	18	12	6	3
	29	22	15	8	4	37	28	19	10	5	43	32	22	11	5,5
200	15	11	8	4	2	20	15	10	5	2,5	23	17	12	6	3
	27	20	14	7	3,5	35	26	18	9	4,5	41	31	21	11	5,5
300	14	10	7	4	2	18	14	9	5	2,5	22	16	11	6	3
	24	18	12	6	3	33	25	17	9	4,5	39	29	20	10	5
400	12	9	6	3	1,5	17	13	9	5	2,5	21	16	11	6	3
	22	17	11	6	3	30	23	15	8	4	37	28	19	10	5

Fläche F ha	Abflußmengen Sekunden-Liter					Abflußmengen Sekunden-Liter					Abflußmengen Sekunden-Liter				
	$\psi_1 =$ 0,80	$\psi_2 =$ 0,60	$\psi_3 =$ 0,40	$\psi_4 =$ 0,20	$\psi_3 =$ 0,10	$\psi_1 =$ 0,80	$\psi_2 =$ 0,60	$\psi_3 =$ 0,40	$\psi_4 =$ 0,20	$\psi_5 =$ 0,10	$\psi_1 =$ 0,80	$\psi_2 =$ 0,60	$\psi_3 =$ 0,40	$\psi_4 =$ 0,20	$\psi_5 =$ 0,10
500	12	9	6	3	1,5	16	12	8	4	2	20	15	10	5	2,5
	21	16	11	6	3	29	22	15	8	4	36	27	18	9	4,5
1000	10	8	5	3	1,5	14	11	7	4	2	18	13	9	5	2,5
	18	14	9	5	2,5	25	19	13	7	3,5	33	25	17	9	4,5
2000	9	7	5	3	1,5	12	9	6	3	1,5	16	12	8	4	2
	15	11	8	4	2	12	16	11	6	3	28	21	14	7	3,5
3000	7	5	4	2	1	11	8	6	3	1,5	15	11	8	4	2
	14	10	7	4	2	20	15	10	5	2,5	27	20	14	7	3,5
4000	7	5	4	2	1	11	8	6	3	1,5	14	11	7	4	2
	14	10	7	4	2	19	14	10	5	2,5	25	19	13	7	3,5
5000	6	5	3	2	1	10	8	5	3	1,5	14	10	7	4	2
	12	9	6	3	1,5	18	14	9	5	2,5	24	18	12	6	3

Aus der Tabelle 1 ist zunächst zu ersehen, daß der Verzögerungskoeffizient φ nur für die kleineren Flächen einigermaßen rasch wechselt, indem derselbe von 0—5 ha von 1,0 auf bezw. rund $^2/_3$, $^3/_4$ und $^4/_5$ herabgeht, von da an bis 20 ha aber nur auf bezw. 0,47—0,55—0,60. Bis 100 ha erfolgt nur Herabgehen auf bezw. 0,31—0,40—0,46 und bis auf 1000 ha nur auf bezw. 0,18—0,25—0,32. Für ein sehr großes Gebiet von 5000 ha nimmt dann der Koeffizient nur noch bis auf 0,12—0,18 und 0,24 ab.

Demnach kann es gestattet sein, für Flächen, die 1000 ha und darüber groß sind, mit einem einzigen, gemittelten Koeffizienten zu rechnen. Anders aber bei kleineren nur wenige Hektar großen Gebieten, weil hier für jedes Hektar mehr eine nicht unbeträchtliche Herabminderung des Koeffizienten stattfindet. Ohne merkliche Fehler kann man etwa gruppieren:

0—2 ha, 2—5 ha, 5—10 ha, 10—20 ha, 20—40 ha, 40—80 ha, 80—150 ha, 150—300 ha, 300—1000 ha u. s. w.

und dafür etwa die gemittelten Koeffizienten φ

$$\varphi_1 = 0{,}90,\ \varphi_2 = 0{,}75,\ \varphi_3 = 0{,}60,\ \varphi_4 = 0{,}50,\ \varphi_5 = 0{,}45,\ \varphi_6 = 0{,}36,\ \varphi_7 = 0{,}30,\ \varphi_8 = 0{,}26,\ \varphi_9 = 0{,}20$$

den Rechnungen zu Grunde legen.

Im umgekehrten Verhältnis zu φ wächst die Verzögerung. Bei Flächen von 20 ha wird nach Spalte 3 der Tabelle (und den korrespondierenden Zahlen für die anderen Gruppen) die Abflußdauer das 2,12-, bezw. 1,82- und 1,65fache der Regendauer, bei 50 ha das 2,66- bezw. 2,19- und 1,92fache, bei 100 ha das 3,16- bezw. 2,50- und 2,15fache, bei 1000 ha das 5,63- bezw. 4,00- und 3,16fache. Letztere Verzögerungen sind wesentlich größer, und die sekundlichen Abflußmengen entsprechend geringer als die auf S. 208 auf Grund von Beobachtungen ermittelten, daher diese Zahlen der Tabelle jedenfalls eher zu kleine als zu große Werte liefern. Unter besonderen Verhältnissen wird dies nicht übersehen werden dürfen. Der hervorgehobene Umstand darf um so weniger unbeachtet bleiben, als die Tabellen durchschnittliche sekundliche Abflußmengen angeben, also nicht die größten, welche bei Wechseln der Regendichte abzuführen sind. Nimmt man die S. 181 angegebene Zahl von 2,5 für die größte Regendichte im Vergleich zum durch-

schnittlichen an, so würden, wenn die Kanäle im stande sein sollen, die Regenmengen, so wie dieselben fallen, auch aufzunehmen, die Regenmengenzahlen der Tabelle mit 2,5 multipliziert werden müssen.

Auch selbst wenn die Regendichte während der ganzen Regendauer gleichmäßig bleibt, gehen die während des größten Teils der Zeitdauer aufzunehmenden Abflußmengen um einiges über die Angaben der Tabelle hinaus, weil in der Zeitdauer, aus welcher die Durchschnittsmenge sich ergiebt, die Anfangs- und Endperiode des Regenfalles enthalten sind; während beider Zeiträume ist der Abfluß geringer, als während des zwischenliegenden Beharrungszustandes.

Der große Wechsel in der Verzögerung, welcher nach der Tabelle 1 für die Fläche bis 1000 ha schon von 1—5,63 bezw. von 1—4,00 bezw. von 1—3,16 geht, läßt erkennen, daß ein konstanter Verzögerungskoeffizient, wie er auf S. 208 angewendet wurde und auch noch häufig in Gebrauch ist, keine Berechtigung hat, daß der Koeffizient vielmehr mit geringer werdender Gebietsgröße in starkem Verhältnis abnehmen muß. Die Annahme der Abflußmenge unabhängig von der Größe des Abflußgebiets, welche hier und da erfolgte, ist daher ein grundsätzlicher Fehler.

Ein weiterer Punkt, zu dessen Hervorkehrung die Tabellen Anlaß geben, knüpft an den Einfluß an, den das Gefälle auf den Verzögerungskoeffizienten ausübt. Setzt man nämlich den für flaches Gelände geltenden Verzögerungskoeffizienten = 1, so sind die Verzögerungskoeffizienten für wenig geneigtes, bezw. stärker geneigtes Gelände nach Tabelle 1 bezw. folgende:

$$
\begin{array}{rl}
5 \text{ ha} & 0{,}67 \\
10 \;" & 0{,}56 \\
100 \;" & 0{,}31 \\
500 \;" & 0{,}21 \\
1000 \;" & 0{,}18 \\
5000 \;" & 0{,}12
\end{array}
\left.\vphantom{\begin{array}{l}1\\1\\1\\1\\1\\1\end{array}}\right\} = 1
\quad
\begin{array}{l}
\frac{0{,}73}{0{,}67} = 1{,}09 \\
\frac{0{,}63}{0{,}56} = 1{,}13 \\
\frac{0{,}40}{0{,}31} = 1{,}27 \\
\frac{0{,}29}{0{,}21} = 1{,}35 \\
\frac{0{,}25}{0{,}18} = 1{,}38 \\
\frac{0{,}18}{0{,}12} = 1{,}50
\end{array}
\left.\vphantom{\begin{array}{l}1\\1\\1\\1\\1\\1\end{array}}\right\} \text{und}
\quad
\begin{array}{l}
\frac{0{,}77}{0{,}67} = 1{,}15 \\
\frac{0{,}68}{0{,}56} = 1{,}23 \\
\frac{0{,}46}{0{,}31} = 1{,}48 \\
\frac{0{,}36}{0{,}21} = 1{,}66 \\
\frac{0{,}32}{0{,}18} = 1{,}77 \\
\frac{0{,}24}{0{,}12} = 2{,}00
\end{array}
$$

Diese Zahlenreihen besagen, daß mit größer werdendem Niederschlagsgebiet, die Abflußmenge von stärker geneigten Flächen im Vergleich zu den Abflußmengen von Flächen ohne oder mit nur geringer Neigung stark wachsen. Dies dürfte aber mit der Wirklichkeit des Vorganges in Widerspruch stehen. Denn das Wachstum würde voraussetzen, daß das Wasser auf den geneigten Flächen in beschleunigter — und nicht gleichförmiger — Geschwindigkeit zu Thal geht. Eine beschleunigte Bewegung kann allerdings dadurch hervorgerufen werden, daß mit der Höhe der abfließenden Wasserschicht eine Verminderung der Bewegungswiderstände stattfindet. Daß aber die Beschleunigung so beträchtlich werde, wie die obigen Zahlen angeben, ist kaum anzunehmen; es ist vielmehr wahrscheinlich, daß die Bewegung auch auf den geneigten Flächen eine im ganzen gleichförmige sei.

Der wahrscheinlich vorhandene Widerspruch zwischen dem Rechnungsergebnis und der Wirklichkeit ist in den Ungenauigkeiten — besser gesagt unvermeidlichen Willkürlichkeiten — begründet, auf denen die Schlußformel für die Abflußmenge sich aufbaut. Dieselbe wird bei geneigten Flächen einem andern Gesetz als dem

in dem Ausdruck $\frac{1}{\sqrt[5]{F}}$ bezw. $\frac{1}{\sqrt[6]{F}}$ enthaltenen folgen, welches Gesetz aber zur Zeit noch nicht bekannt ist.

Außer dieser Ungenauigkeit leidet die Abflußmengenformel $\frac{A}{R} = \psi \frac{1}{\sqrt[n]{F}}$ noch an dem folgenden weiteren: Es wird in derselben die Verzögerung als Funktion lediglich der Flächengröße gegeben. Dies ist unrichtig, da ebenso sehr als die Flächengröße die Flächenform dabei beteiligt ist. Dies wird klar, wenn man sich dieselbe Fläche einmal als von quadratischer, und ein andermal als von gestreckt rechteckiger Form vorstellt, oder einmal die Sammelstelle für das abfließende Wasser an einer Langseite, und ein andermal an einer Schmalseite einer gestreckt rechteckigen Figur liegend denkt. In allen diesen Fällen ist die Flächengröße und die Abflußmenge die gleiche, während die durchschnittlichen Wegeslängen, die das Wasser von der Fläche bis zur Sammelstelle zurückzulegen hat, sehr ungleich sind, mithin auch die bezüglichen Zeiten, welche zum Abfluß erfordert werden, verschieden sein müssen.

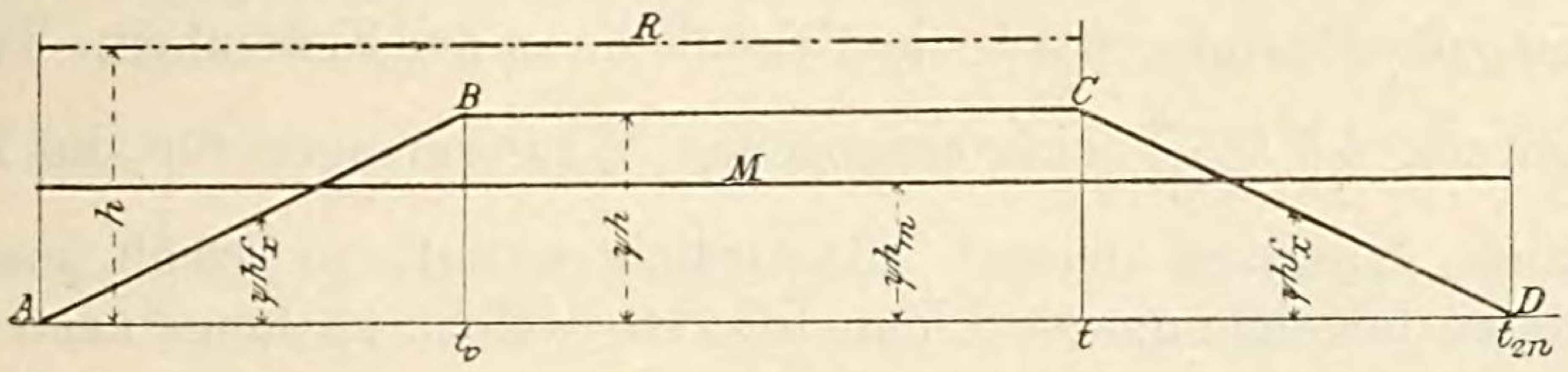
Um ein richtiges Resultat von der Formel erwarten zu können, müßte der Wert F mit einem Koeffizienten multipliziert werden, in welchem die Abweichung der Flächenform etwa vom Quadrat oder von einem Kreise zum Ausdruck gebracht wäre. Bei der Vielgestaltigkeit der Flächen erscheint eine solche Vervollkommnung aber kaum ausführbar; es bleibt ein anderes nicht übrig, als daß man die Formel — und die nach derselben berechneten Tabellen — als etwa für Flächen von quadratischer oder nahezu quadratischer Form passend ansieht. Handelt es sich dann um stark abweichende Formen, so mag man diese in quadratische oder rechteckige Formen verwandeln, und nun, je nach der Lage der Sammelstelle des Wassers zur Fläche entweder eine entsprechend vergrößerte oder eine verminderte Abflußdauer zu Grunde legen. Bei Lage derselben in einer Schmalseite würde sich die Abflußdauer verlängern, die einfache Annahme der Formelwerte also sichernde Zahlen ergeben. Anders bei Lage der Sammelstelle in einer Langseite, oder innerhalb der Fläche selbst. Dabei würde sich die Abflußdauer verkürzen, d. h. es würden die einfachen Formelwerte zu gering, der sekundliche Zufluß stärker sein, als die nach derselben berechneten Zahlen angeben, und es wären entsprechende Zuschläge zu denselben notwendig. Etwas Näheres über die Höhe derselben ist hier nicht angebbar, da, wie bemerkt, die Verschiedenartigkeit der Fälle eine allgemeine Behandlung der Aufgabe nicht zuläßt und übrigens ein auf anderweiten Grundlagen fassendes genaueres Verfahren zur Feststellung der Abflußmengen noch anzugeben sein wird.

Zuvor sei aber noch die notwendig erscheinende Bemerkung gemacht, daß selbstverständlich ein grundsätzlicher Unterschied zwischen Abfluß an der Oberfläche und Abfluß in unterirdischen Kanälen nicht besteht, wenn bei letzteren die Wegeslängen des Wassers im einzelnen und im ganzen vielleicht auch etwas andere sein können. Es haben daher die oben entwickelten Ausdrücke für die Abflußmengen auch Geltung, einerlei ob dieselben auf einen Punkt bezogen werden, an welchem das Wasser erst in einen unterirdischen Kanal aufgenommen wird, oder ob es sich um einen beliebigen Punkt in dem Kanalnetz selbst handelt, den eine gewisse Wassermenge passiert, welche an einem oberhalb liegenden Punkte, oder auch an mehreren Punkten von der Oberfläche aufgenommen war.

§ 136. Die Bestimmung der Abflußmengen durch Rechnung führt nach dem vorhergehenden Paragraphen zu Resultaten, die nur als Annäherungen be-

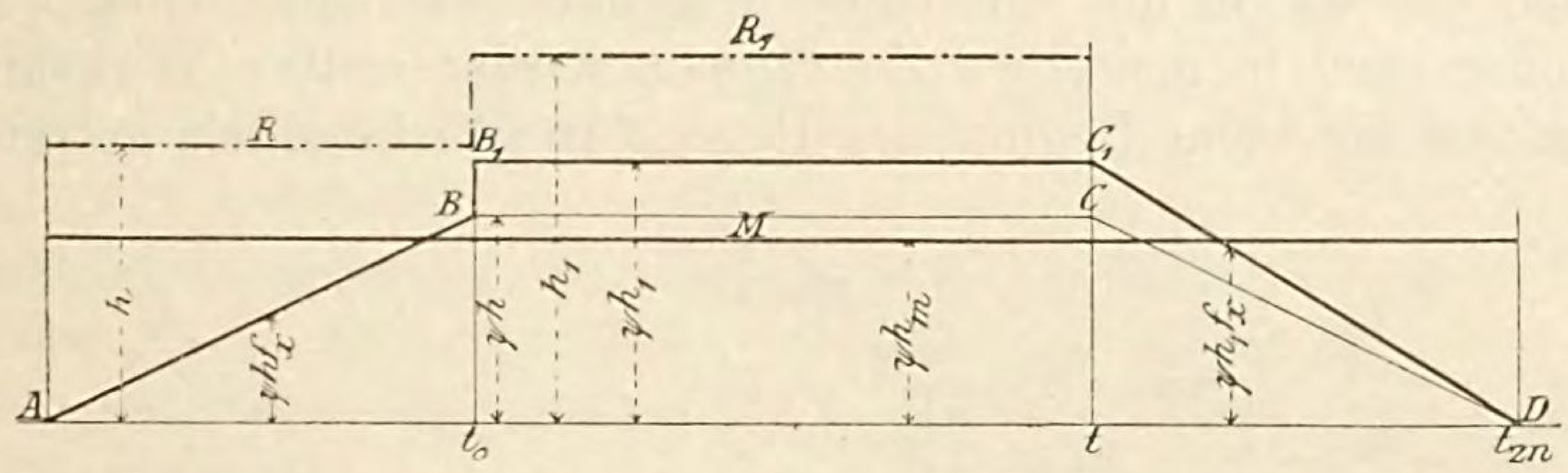
trachtet werden können, weil das Problem zu verwickelt liegt, um sich in genügend einfache Ausdrücke zusammenfassen zu lassen. Eine klarere Einsicht in die Wirklichkeit des Vorganges und die Erlangung genauerer Schlußresultate gewährt das zeichnerische Verfahren. Trägt man Fig. 10 die auf die Zeiteinheit bezogenen Regenhöhen als Ordinaten zu den zugehörigen Zeiten t als Abscissen auf, so erhält man Linien, welche in den beistehenden Figuren durchgehends mit

Fig. 10.



R bezeichnet sind. Bei gleichbleibender Regendichte sind die Linien R Parallelen zur Abscissenaxe, und zwar ungebrochene, Fig. 10, wenn während der ganzen Dauer des Regenfalles die Regenhöhe dieselbe ist. Treten Aenderungen ein, und findet innerhalb der betreffenden Zeitabschnitte wieder Gleichbleiben der Regenhöhe

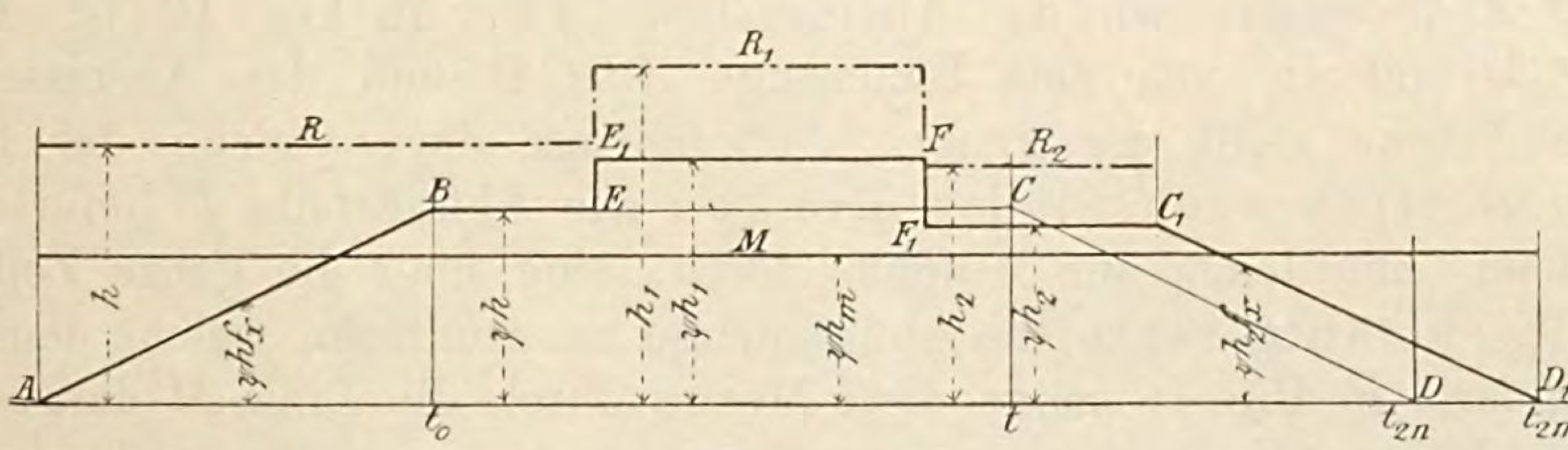
Fig. 11.



statt, so erhält man, Fig. 11 bis 13, Linienzüge R, R_1, R_2 u. s. w., welche ebenfalls parallel der Abscissenaxe verlaufen, zu denen jedoch ungleiche Ordinaten h, h_1, h_2 u. s. w. gehören.

Es werde nun der einfachste Fall angenommen, daß das Abflußgebiet ein Rechteck

Fig. 12.

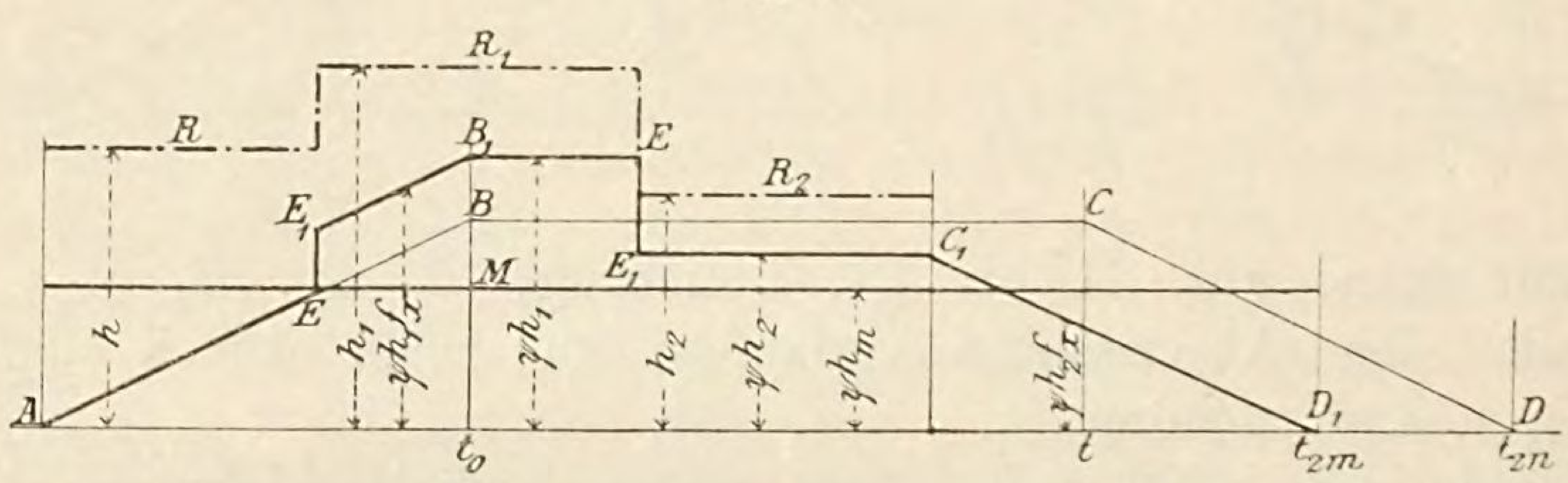


der Seitenlängen b und $2b$, Fig. 14 (S. 222) und die Aufgabe gegeben sei, die Abflußmengen pro Zeiteinheit zu bestimmen, welche an dem in einer Schmalseite liegenden Punkte P zusammentreffen. Man kann dazu die ganze Fläche $= 2b^2$ durch Parallelen, die im Abstande $\frac{b}{n}$ gezogen werden, in Teilflächen f zerlegen, die unter sich gleich groß und die Größe $b \cdot \frac{b}{n} = \frac{b^2}{n}$ haben. Die durch n ausgedrückte Teilweite ist so zu

wählen, daß in jeder Zeiteinheit 1 Flächenteilchen mehr zur Abflußmenge, welche bei P eintrifft, beiträgt (bezw. wenn der Regenfall zu Ende gekommen), in jeder Zeiteinheit 1 Flächenteilchen weniger für den Abfluß außer Wirksamkeit tritt.

Alsdann fließt in der ersten Zeiteinheit (t_1) die Menge $\psi h \frac{b^2}{n}$, bis zum Ablauf der zweiten $\psi h \frac{2b^2}{n}$ und allgemein bis zum Ende der Zeit t_x die Menge $\psi h b^2 \frac{x}{n}$ am Punkte P zusammen. ψ hat hier dieselbe Bedeutung wie im § 134 (Verdunstungs- und Einsickerungskoeffizient). h ist die Regenhöhe in der Zeiteinheit. Trägt man die aus dem Ausdruck $\psi h b^2 \frac{x}{n}$ sich ergebenden Wassermengen für die Zeiten $t_1 \ldots t_x \ldots t_{2n}$ (die als Abscissen gelten), als Ordinaten auf, so erhält man eine in A aus beginnende ansteigende gerade Linie, Fig. 10, welche so lange ansteigt, bis nach Ablauf der Zeit t_{2n} die ganze Fläche $\frac{2b^2}{n}$ zum Abfluß bei P beiträgt und die Abflußmenge $= \psi h b^2 \frac{2n}{n} = \psi h 2 b^2$ geworden ist. Damit ist der Beharrungszustand erreicht, während dessen Dauer die auf die Zeiteinheit entfallende Abflußmenge dieselbe bleibt. Die graphische Darstellung ergiebt also vom Punkte B ab eine Gerade, welche parallel der Abscissenaxe verläuft. Hört nun nach einer gewissen Zeitdauer der Regen auf, so werden von da an die entferntest liegenden Flächenteilchen t in der umgekehrten Ordnung und in denselben Zeiträumen wieder außer Wirksamkeit für den Abfluß treten, als sie beim Beginn des Regens in Wirksamkeit getreten sind. Der

Fig. 13.



letzte Teil der Abflußkurve ist also wieder eine Gerade von gleicher Länge und gleicher Neigung zur Abscissenaxe wie das Anfangsstück AB. In Fig. 10 ist dieser Teil das Stück CD und die von dem Linienzuge $ABCD$ und der Abscissenaxe eingeschlossene Fläche stellt die ganze Abflußmenge dar, welche der betreffende Regenfall in zeitlich wechselnden Mengen zur Abflußstelle P lieferte.

Man kann nun leicht die Aufgabe lösen, eine über die ganze Zeitdauer des Abflusses gleichmäßig verteilte Abflußmenge zu ermitteln, welche denselben Gesamtabfluß liefert; in Fig. 10 möge diese Menge durch die Linie M dargestellt sein. Man entnimmt hieraus die Bestätigung der bereits S. 217 angeführten Thatsache, daß auch, ohne daß Wechsel in der Regendichte stattfinden, die Abflußmengen nicht während der ganzen Abflußzeit gleichbleibend sind, sondern entsprechend der Form und Ausdehnung des Abflußgebietes wechseln: im Anfangs- und Endteile unter dem Durchschnitt bleiben, im mittleren (Beharrungszustande) darüber hinausgehen.

In Fig. 11 ist ein Fall mit wechselnder Regendichte behandelt; und zwar tritt die Dichtevermehrung in demjenigen Zeitpunkte ein, wo gerade der Beharrungszustand im Abfluß erreicht ist. Fig. 12 und 13 betreffen etwas verwickelter liegende

Fälle, in denen beiden es sich um Wechsel in den Regendichten handelt; in Fig. 12 tritt 2maliger Wechsel, beide Male während des Beharrungszustandes ein. Bei Fig. 13 ist ebenfalls 2maliger Wechsel vorausgesetzt; es tritt aber der erste Wechsel ein, bevor noch der Beharrungszustand erreicht ist, der zweite während desselben.

Die Darstellungen sind die gleichen wie in Fig. 10. Man verfährt am besten so, daß man zunächst die Abflußkurve in ihren 3 Teilen, genau wie in der Anfangsfigur (10), ohne Rücksicht auf die Wechsel in den Regendichten, zeichnet und erst nachher diese Wechsel in Betracht zieht. In dem Augenblick, wo ein solcher stattfindet, vermehrt oder vermindert sich die Ordinate der Abflußkurve um den entsprechenden Teil: $\psi(h - h_1) b^2 \frac{x}{n}$, wie in den Fig. 11—13 angegeben ist. Ueberdauert der Regenfall den Zeitpunkt, wo die ganze Fläche $2b^2$ dem Sammelpunkt P tributär geworden ist, so verlängert sich der Beharrungszustand nebst der ganzen Abflußdauer um gleiche Zeitteile, und der abfallende Teil der Abflusskurve erleidet die der Verlängerung entsprechende Verschiebung parallel der ursprünglichen Lage CD nach $C_1 D_1$, Fig. 12. Wenn der Regenfall nicht so lange anhält, bis durch Eintritt der Wirksamkeit der ganzen Fläche $2b^2$ der Beharrungszustand erreicht ist, verkürzt sich die Länge des Mittelteils der Abflußkurve und rückt das abfallende Stück derselben parallel der ursprünglichen Lage CD zurück in die Lage $C_1 D_1$, Fig. 13.

Wie in Fig. 10 ist auch in den Fig. 11—13 die gemittelte Abflußlinie angegeben.

Man ersieht, daß das dargestellte Verfahren für jede Flächengestalt, wie immer dieselbe auch beschaffen sei, anwendbar ist, mit der einen Abweichung nur, die an die veränderte Zerlegung des Abflußgebiets in einzelne Teile anknüpft; alles übrige bleibt wie vor. Es ist deshalb unnötig, die Anwendung des Verfahrens auf Flächen von andrer als Rechtecksgestalt hier vorzuführen; doch bleiben einige Bemerkungen nachzutragen.

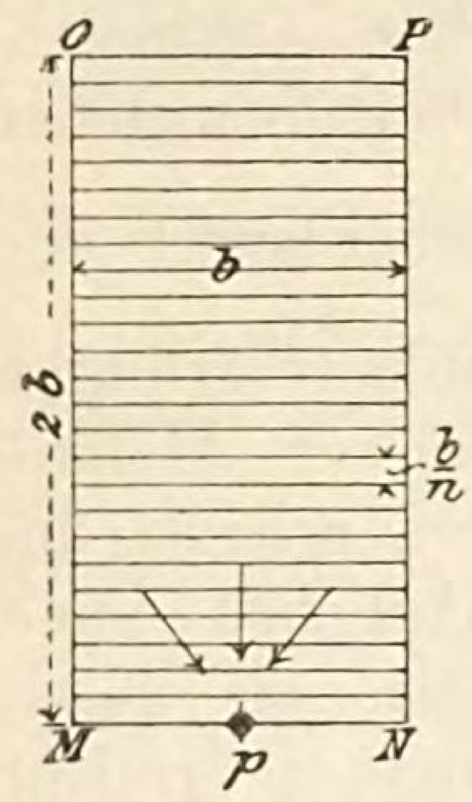
Zunächst geben die Darstellungen einen Anhalt, um zu erkennen, welch bedeutende zeitweilige Veränderungen der Abflußmengen durch Aenderungen der Regendichten eintreten können. Minderungen der Regendichte sind irrelevant, dagegen Vermehrungen von großer Wichtigkeit; indessen waltet doch ein Unterschied nach der Zeit ob, in welcher sie eintreten. Sie mögen relativ gleichgültig sein, so lange der Beharrungszustand noch nicht erreicht ist (vergl. aber Fig. 13); sie können aber eine Ueberlastung der Kanäle, Brüche derselben und Kellerüberschwemmungen durch Rückstau, vermöge Aufstauens in den Schächten u. s. w. hervorbringen, wenn sie in den Zeitabschnitt des Beharrungszustandes fallen, und ihre Gefährlichkeit erhöht sich mit der Zeitdauer der Regendichtevermehrung, sowie mit der Größe des Niederschlagsgebietes. Was hieraus folgt, ist, daß die Berechnung der Kanäle für — durchschnittliche — Wassermengen, wie sie in den Figuren durch die Linien dargestellt und in den Tabellen S. 213—216 zahlenmäßig angegeben ist, keine Sicherheit gegen Zufälle und Uebelstände, wie die oben erwähnten, gewährt, daß vielmehr, wo vermehrte Sicherheit verlangt wird, entsprechende Zuschläge zu den Durchschnittszahlen gemacht werden müssen, oder auch in geeigneter Weise — etwa durch Regenüberfälle oder Notauslässe — gegen zeitweilige Ueberlastungen der Kanäle mit ihren möglichen schlimmen Folgen vorzukehren ist.

Die obigen Darstellungen vermögen ein anschauliches Bild von dem Einfluß zu gewähren, den die Gestalt des Abflußgebiets auf die Abflußmenge ausübt. Je mehr „gedrängt“ die Fläche ist, um so kürzere Zeit ist zur Erreichung des Beharrungszustandes und nach dem Ende desselben zur Beendigung des Abflusses

erforderlich und umgekehrt. Daher vermehrt „gedrängte" Gebietsform und vermindert „gestreckte" Gebietsform die Gefahr zeitweiliger Ueberlastung der Kanäle.

Auch das eben vorgeführte graphische Verfahren gewährt aus mehreren Gründen kein vollkommen genaues Bild der Wirklichkeit. Zunächst werden die Wechsel in der Form der Abflußkurven nicht so schroff als dargestellt sein, sondern sich einigermaßen ausgleichen. Alsdann führt die eingehaltene Art der Zerlegung des Abflußgebiets in Teile notwendig zu einem Fehler im Resultat: denn die Vermehrung und Verminderung der Abflußmengen erfolgt genau in dem Verhältnis der Zunahme oder Abnahme der Wegeslängen des Wassers. Diese Aenderung würde man durch Zerlegung des Gebiets in schmale Ringflächen zwischen Kreisen, zu denen der Sammelpunkt P als Mittelpunkt gehört, erhalten; es müßten also an die Stelle der einzelnen Rechtecke in Fig. 14 entsprechende ringförmige Stücke gesetzt werden.

Fig. 14.



Man kann aber den durch die gewählte Vereinfachung in die Ermittelung hineingetragenen Fehler dadurch fast beliebig weit herabziehen, daß man die Höhe $\frac{b}{n}$ sehr klein macht. Im übrigen ist diese Höhe der Zeiteinheit (Sekunden oder Minuten) anzupassen und die Zeiteinheit um so kleiner zu wählen, je rascher das Wasser den Sammelpunkt P erreicht. Danach ist klar, daß das graphische Verfahren vor dem rechnerischen auch einen Vorzug darin besitzt, daß es gestattet, bei der Ermittelung das Gefälle des Abflußgebiets in ausreichender Weise zu berücksichtigen.

§ 137. Bei den Stadtkanalisationen deutscher Städte aus der älteren Zeit (von den 60er bis in die 80er Jahre hinein) sind die Abflußmengen aus Regenwassern oft zu gering angenommen worden, teils aus Unvollständigkeit in der Kenntnis der Regenfälle, teils aus Sparsamkeitsrücksichten, teils weil der Verbleib oder die schließliche Behandlung der Wasser besondere Schwierigkeiten bot. Zuweilen auch ist man englischen Vorbildern gefolgt, ohne zu beachten, daß bei englischen Anlagen das Wasser heftiger Regenfälle vielfach unmittelbar in die Flußläufe geht, ohne erst die Kanäle zu füllen. Ueble Erfahrungen (häufige Kellerüberschwemmungen) und die seitdem gewonnene bessere Kenntnis der Regenverhältnisse haben neuerdings Wandel herbeigeführt; es wird wohl heute allgemein mit ungleich größeren Meteorwassermengen als früher gerechnet.

Als ungenügend kann man bei uns da, wo nicht wenigstens teilweise unmittelbare Abführung in offene Gewässer stattfindet, oder vermöge großer Bodendurchlässigkeit ein bedeutender Teil der Regenmenge versickert, oder wo nicht starkes Straßengefälle das Wasser rasch aus der Nähe der Häuser entfernt, die Annahmen über Regenhöhen bezeichnen, welche von täglichen Regenhöhen ausgehen, wenn auch dabei eine geringere Regendauer als die Tageslänge angenommen wird. Dahin gehört z. B. die in Widnes (England) gemachte Annahme einer Regenhöhe von 12,5 mm in 24 Stunden; ähnliche oder etwas größere Annahmen sind auch hier und da in deutschen Städten zu Grunde gelegt worden. Doch ist dann in der Regel eine Verkürzung der Abflußdauer auf 12 oder 8 Stunden, gewissermaßen als Sicherheitskoeffizient, hinzugenommen.

Nachstehende Tabelle enthält für eine Reihe von Städten die Zusammenstellung über angenommene Regenhöhen und die der Berechnung der Kanalweiten zu Grunde gelegten Anteile derselben*).

*) Die für Wiesbaden zu Grunde gelegten Zahlen sind S. 214 mitgeteilt.

Nr.	Stadt	Beschaffenheit des Abflußgebietes, bezw. Gattung der Kanäle	Oberhalb Notauslaß: Regenhöhe in 1 Minute mm	Oberhalb Notauslaß: Aufzunehmender Anteil	Oberhalb Notauslaß: Sekunden-Liter für 1 ha	Unterhalb Notauslaß: Regenhöhe in 1 Minute mm	Unterhalb Notauslaß: Aufzunehmender Anteil	Unterhalb Notauslaß: Sekunden-Liter für 1 ha
1	Ludwigshafen	—	—	—	18,5	—	—	—
2	Kaiserslautern	—	—	—	56—110	—	—	—
3	Linz	—	—	—	55	—	—	—
4	Karlsruhe	—	0,216	1/2	18	—	—	—
5	Mainz	—	0,666	1/2	55	—	—	—
6	Leipzig	—	0,200	1/2	16,7	—	—	—
7	Posen	—	0,600	1/2	50	—	—	—
8	Oeynhausen	—	0,250	1/3	14	—	—	—
9	Nürnberg	—	0,216	1/3 u. 1/2	12 u. 18	—	—	—
10	Lüttich	—	0,366	1/3	20	—	—	—
11	Mülhausen i. E.	—	0,300	0,4 u. 0,6	20 u. 30	—	—	—
12	Braunschweig	Aeußere Stadt	0,348	2/1	29	—	—	—
13	Paris	Sammelkanäle	0,750	1/3	42	—	—	—
14	Witten a. d. R.	30 m Breite zu jeder Seite der Straßenaxe als Abflußgebiet gerechnet	0,216	1/2	18	—	—	—
15	Chemnitz	—	—	—	17—50	—	—	2,0, 3,5
16	Hamburg	—	0,468	1/2	39	0,0168	0,64	1,8
17	Budapest	Sammelkanäle	0,420	0,15—0,30	11—21	—	—	—
18	Mannheim	Enge Bebauung	0,750	—	42—84	—	—	—
19	Frankfurt a. M.	—	—	—	12—30	—	—	—
		Abfangkanäle	—	—	—	—	—	2,8
20	Königsberg i. Pr.	Sammelkanal	1,008	1/4	40	—	—	—
		Neuere Anlagen	1,008	0,6	100	—	—	—
21	Stuttgart	Seitenkanäle	—	—	12—17	—	—	—
		Sammelkanal	—	—	—	0,075	0,27	3,4
22	Emden	Seitenkanäle	0,384	1/3	21,2	—	—	—
		Sammelkanal	—	—	—	—	—	2,8
23	Danzig	Enge Bebauung	0,216	1/2	18	—	—	—
		Weiträumige desgl.	0,216	1/3	12	—	—	—
24	Berlin	Enge Bebauung	0,384	1/3	21,2	—	—	—
		Weiträumige desgl.	0,384	1/6	10,6	—	—	—
25	München	Weiträumige Bebauung	0,273	1/5—1/2	9—22	—	—	—
		Sammelkanäle	0,273	—	14—16	—	—	—
26	Stettin	Aeltere Anlagen	0,216	1/2	18	—	—	—
		Neuere desgl.	—	—	50	—	—	—
27	Hannover	Innere Stadt	—	—	40	—	—	—
		Außenstadt	—	—	25	—	—	—
		Schmuckanlagen	—	—	8,3—12,5	—	—	—
28	Freiburg	Enge Bebauung	—	—	40—50	—	—	—
		Weiträumige desgl.	—	—	20	—	—	—
		Neuere Anlagen	—	—	108	—	—	—
29	Dresden	Enge Bebauung	—	—	50	—	—	—
		Halbenge desgl.	—	—	40	—	—	—
		Weiträumige desgl.	—	—	30	—	—	—

Nr.	Stadt	Beschaffenheit des Abflußgebietes, bezw. Gattung der Kanäle	Oberhalb Notauslaß			Unterhalb Notauslaß		
			Regenhöhe in 1 Minute mm	Aufzunehmender Anteil Sekunden-Liter für 1 ha		Regenhöhe in 1 Minute mm	Aufzunehmender Anteil Sekunden-Liter für 1 ha	
30	Breslau	Seitenkanäle	0,036	1/3	6	—	—	—
		Sammelkanäle	0,018	1/3	3	—	—	—
		Neuere Anlagen	—	—	20—25	—	—	—
31	Wien	Aeltere Seitenkanäle	0,420	3/8	25	—	—	—
		Neuere Sammelkanäle	0,330	1/3	18,3	—	—	—
		Kulturflächen	0,330	1/6	9,2	—	—	—
32	Dortmund	Obere Kanalstrecken	0,150	2/3	16,7	—	—	—
		Mittlere desgl.	0,150	1/2	12,5	—	—	—
		Untere desgl.	0,150	1/3	8,4	—	—	—
33	Düsseldorf	—	0,678	1/2	38	—	—	—
		Nur Dachwasser d. Gebäude im Ueberschwemm.-Gebiet	0,678	1/6	19	—	—	—
		Bahnhofsgebäude	0,678	1/12	9,5	—	—	—
34	Köln	Innere Stadt: Seitenkanäle	0,420	4/5	55	—	—	—
		„ „ Sammelkanäle	0,420	3/5	42	—	—	—
		Aeußere Stadt: Seitenkan.	0,420	1/2	33	—	—	—
		„ „ Sammelkan.	0,420	1/3	25	—	—	—

Auf S. 187 ist es als notwendig bezeichnet worden, mit minutlichen Regenhöhen von 0,40—0,75 mm zu rechnen. In den meisten Städten ist man nach der vorstehenden Zusammenstellung nicht so weit gegangen, in mehreren aber noch darüber hinaus. Bei manchen Anlagen mag aber das Minus durch reichliche hohe Annahmen der Koeffizienten φ und ψ wieder ausgeglichen worden sein, was aus der Zusammenstellung freilich nicht erkannt werden kann. Daß aber die Erfahrung die gewählten Sätze vielfach als zu eng gegriffen erwiesen hat, wird durch die höher gewählten Sätze u. a. zu 5, 7, 15, 16, 18, 20, 26, 28, 29, 30, 33 und 34 der vorstehenden Zusammenstellung erwiesen.

6. Kapitel.

Modalitäten der Abführung der Wasser.

§ 138. Vergleicht man die im allgemeinen als angemessen zu bezeichnenden höheren Abflußmengenzahlen des Regenwassers der vorstehenden Tabelle im Betrage von 25—50 Sek.-Liter mit den auf S. 158 mitgeteilten Abflußmengenzahlen der häuslichen Brauchwasser, welche selbst bei Bebauungsdichten, die nicht mehr als „klein" gelten können (etwa 300 Köpfe auf 1 ha), meist noch nicht 1 l erreichen, sondern sich zwischen 0,5 und 1 Sek.-Liter halten, sogar bei der für größte Bebauungsdichte geltenden Kopfzahl von 1000 noch nicht über 2 Sek.-Liter hinausgehen, so ersieht man, daß der Mengenanteil der häuslichen Brauchwasser an dem bei heftigen Regenfällen stattfindenden Gesamtabfluß nicht mehr als etwa 2 % beträgt; bei mittleren Regenfällen mögen 4—5 % erreicht werden. Auch dieser Mengenanteil ist noch so gering, daß ein Unterschied verbleibt, um dessentwillen die auszuführenden Kanalquerschnitte auf das Zwanzig- bis Fünfundzwanzigfache derjenigen Größe gebracht

werden müssen, welche ausreichend sein würde, wenn man sich auf die Aufnahme der häuslichen Brauchwasser beschränkte, und das Regenwasser sich selbst überließe.

Wenn es aber unvermeidlich ist, für das Regenwasser unterirdischen Abfluß zu beschaffen und man gemeinsame Ableitung mit den häuslichen Brauchwassern nicht will, so müssen zwei gesonderte Systeme von Leitungen angelegt werden, und man hat es dann mit einem Trennsystem zu thun, als Gegensatz des sogen. Schwemmsystems, bei den Franzosen tout à l'égout genannt, das zur Abführung nur ein einheitliches Leitungsnetz beider Arten der aufzunehmenden Wasser besitzt.

§ 139. Es bleibt jedoch anstatt der Ausführung des Trennsystems noch das Mittel der Schaffung von Regenüberfällen, auch Notauslässe genannt, übrig, deren Wesenheit darin besteht, daß sie den Kanälen einen gewissen größeren Teil des zeitweilig zufließenden Regenwassers entziehen, bevor dasselbe die unteren Teile eines Leitungsnetzes erreicht; es wird durch diese Ableitung (die möglichst aus den oberen Teilen der Leitung geschieht) das Kanalnetz in denjenigen Teilen, welche die größeren Wassermengen aufzunehmen haben, entlastet. Zwischen „Regenüberfällen“ und „Notauslässen“ kann, da beide Einrichtungen ihren Zweck nicht in genau gleicher Weise erfüllen, der Unterschied gemacht werden, daß erstere selbstthätig in Wirksamkeit treten, wenn der Wasserspiegel in den Kanälen eine gewisse Höhenlage erreicht, sie daher den Weg des Wassers beständig frei lassen. Bei Notauslässen ist dagegen der Weg für gewöhnlich gesperrt und wird erst im geeigneten Augenblicke — im Falle der Not — frei gegeben. Es ergiebt sich daraus, daß während bei Regenüberfällen die Höhenlage der Ueberfallschwelle eine bestimmte ist, beim Notauslaß eine Ueberfallschwelle nicht vorhanden zu sein braucht, da es dabei nur auf die Freilegung einer Oeffnung, die sich unter dem bestimmten Höhenstande des Kanalwassers befindet, ankommt.

In den obern Teilen eines Kanalnetzes werden gewöhnlich Regenüberfälle angelegt, während Notauslässe ihre Stelle gewöhnlich am unteren Ende eines Kanalnetzes erhalten; indessen kann auch das Umgekehrte vorkommen.

§ 140. Sowohl bei Regenüberfällen als Notauslässen ist die Aufgabe der konstruktiven Durchbildung an Wichtigkeit weit geringer als die Aufgabe der richtigen Bestimmung des Zeitpunktes, von welchem ab die Thätigkeit der Einrichtung beginnt.

Zunächst kommt der Spiegelstand des Gewässers in Betracht, zu welchem das austretende Kanalwasser seinen Weg nimmt. Ist jener wechselnd, so muß berücksichtigt werden, daß mit den heftigen Regenfällen gewöhnlich eine Anschwellung stattfinden wird, die bei zu geringer Höhenlage der Ueberfallschwelle dem zu entlastenden Kanal von rückwärts Fluß- oder Seewasser zuführen könnte. Allerdings bleibt in schwierig liegenden Fällen das Mittel übrig, durch bewegliche Teile (Schütze oder Dammbalken) die Ueberfallschwelle vorübergehend entsprechend zu erhöhen. Die richtige Bestimmung der Höhenlage der Ueberfallschwelle setzt also eine genaue Kenntnis des Verhaltens und besonders der höchsten Spiegelstände des Gewässers voraus, nach welchem hin die Entlastung erfolgt.

Da dem Gewässer vom Regenüberfall aus Schwebestoffe zugeführt werden, so ist auch die richtige Lage der Anschlußstelle von Wichtigkeit. Die Lage muß so gewählt werden, daß nicht größere Ablagerungen vor den Anschlußstellen entstehen können, vielmehr die Schwebestoffe immer sogleich mit dem Strome fortgeführt werden. Die Anschlüsse dürfen daher nicht an stark konvexen flachen Uferstrecken geschehen, sondern müssen möglichst in konkaven oder, höchstens, an

geraden Uferstrecken liegen. Wo dies nicht zu erreichen ist, muß die Ausmündung in den Strom hinein bis an den Stromstrich verlängert werden.

Von gleichen Rücksichten ausgehend, ist mehreren kleinen Regenüberfällen an Stelle eines großen der Vorzug zu geben.

Die überschüssig aufgenommenen Wassermengen sollen nicht unnötig lange Wege in den Kanälen machen, daher die Regenüberfälle möglichst nahe den oberen Enden eines Kanalnetzes, und weniger in den unteren Teilen anzuordnen sind. Uebrigens kommen dabei die Längen, welche die Ableitungskanäle der Regenüberfälle erreichen in wesentlichen Betracht, sowie etwaige Rücksichten auf Fischerei, Schifffahrtsverhältnisse, Schleusen, Wehre oder Hafenanlagen und endlich wasserrechtliche Zustände.

In der Regel wird sich die Vorbereitung der Entscheidung über die mancherlei Fragen, welche bei der Anlage von Regenüberfällen auftreten und die endgültige Planfeststellung derselben als der schwierigste Punkt eines Kanalisationsplanes herausstellen, an welchem derselbe unter Umständen geradezu scheitern kann. Denn von der Möglichkeit oder Unmöglichkeit Regenüberfälle anzulegen, bezw. dieselben an Stellen anlegen zu können, wo ihre Ausführung nicht unerschwingliche Kosten mit sich bringt, hängt in manchen Fällen die finanzielle Durchführbarkeit eines Kanalisationsprojekts überhaupt ab. Wo eine Unmöglichkeit dieser Art eintritt, bleibt nur übrig, entweder auf die Anlage ganz zu verzichten, oder sich auf die Ausführung eines Trennsystems zu beschränken. Man erkennt daraus, daß die Nähe eines offenen Gewässers und Führung der Hauptkanäle so, dass dieselben in einer solchen Nähe des Gewässers verlaufen, daß die Ableitungen der Regenüberfälle nicht zu bedeutende Längen erreichen — gewöhnlich die entscheidenden Vorfragen: das Ob und Wie eines Kanalisationsprojekts sein werden.

§ 141. Um die Schädigungen eines Flußlaufs durch Zuführung von Schwebestoffen und Verunreinigungen anderer Art möglichst zu beschränken, soll das Verdünnungsverhältnis der Wasser, welche der Regenüberfall ableitet, möglichst groß sein. Erfüllt der Trockenabfluß (§ 128), und zwar das Maximum desselben, den Querschnittsteil f eines Kanals, und vermehrt sich bei heftigem Regenfall der Teil f auf F, wo $F = n\,f$ und $\frac{F}{f} = n$, so stellt n das Verdünnungsverhältnis dar und muß der Kanalquerschnitt so gestaltet werden, daß, verglichen mit dem Augenblick, wo der Regenüberfall in Wirksamkeit tritt, die Höhenlage der Ueberfallschwelle $f = \frac{1}{n} F$ ist.

In der Regel wird indessen das Verdünnungsverhältnis durch eine andere Zahl angegeben. Wenn nämlich R die bei größtem Regenfall sekundlich zufließende Regenwassermenge und B die gleichfalls sekundliche Menge von häuslichem Brauchwasser ist, so wird auch das Verhältnis $\frac{R}{B}$ als Verdünnungsverhältnis bezeichnet. Es ersieht sich, daß dasselbe nicht mit dem Werte $F = n\,f$ übereinstimmt, sondern geringer ist, dass wenn beide Ausdrücke gleichwertig sein sollen, anstatt $\frac{R}{B}$ vielmehr $\frac{R+B}{B}$ gesetzt werden muß.

Es hängt von örtlichen Besonderheiten ab, ob für alle Regenüberfälle einer Anlage das Verdünnungsverhältnis übereinstimmt oder Verschiedenheiten bestehen; jedenfalls wird möglichste Uebereinstimmung anzustreben sein. Für eine

Anzahl von deutschen Städten wird das Verdünnungsverhältnis $\frac{R}{B}$ wie folgt angegeben:

Düsseldorf . . .	2,1	Wiesbaden, Chemnitz .	5,0
Köln	2,2—3,5	Mannheim	5—7
Hamburg . . .	3,4	Berlin	6,4 (?)
Freiburg i. B. . .	3,5	Emden	7
Frankfurt a. M. .	4,0	Stettin	9,5
Königsberg i. Pr. .	4,5		

Zu diesen Zahlen ist indessen zu bemerken, daß sie nur für den bestimmten Zeitpunkt des Beginns der Thätigkeit des Regenüberfalls, und gewöhnlich auch nur für die erste Zeit nach der Inbetriebsetzung der Kanalisationsanlage gelten. Wenn trotz der Ableitung einer gewissen Regenwassermenge der Wasserspiegel im Kanal über die Höhe der Ueberfallschwelle hinaus steigt, vergrößert sich das Verhältnis $\frac{F}{f}$. Und wenn umgekehrt im Laufe der Zeit entweder der Wasserverbrauch pro Kopf oder die Bevölkerungszahl des Gebiets zunimmt, so wächst die häusliche Brauchwassermenge und das Verhältnis $\frac{F}{f}$ wird geringer. Wenn man also ein gleichbleibendes $\frac{F}{f}$ verlangt, so muß die Höhe der Ueberfallschwelle veränderlich eingerichtet, d. h. im Laufe der Zeit erhöht werden. — Auch durch ein etwaiges Wachsen des Wasserspiegels in dem Fluß, an den der Regenüberfall anschließt, kann auf die Größe $\frac{F}{f}$ ein Einfluß geübt werden; es ist daher wichtig, die Ueberfallschwelle so hoch zu legen, daß sie dem Rückstau aus dem Flusse sicher entzogen ist.

Der Wert $\frac{F}{f}$ steht in einer gewissen Abhängigkeit auch von der Größe des Gewässers, an den der Regenüberfall anschließt. Je kleiner der Rezipient, um so größer muß $\frac{F}{f}$ sein; je größer derselbe, um so kleiner darf $\frac{F}{f}$ gehalten werden. Denselben Rücksichten, die hier zu Grunde liegen, entspricht die Forderung, daß bei innerhalb des Stadtgebiets liegenden Regenüberfällen $\frac{F}{f}$ größer sein soll, als bei den weiter unten, außerhalb des Stadtgebiets vorkommenden.

Wenn, wie es in der Regel geschieht, der Kanalquerschnitt unterhalb des Regenüberfalles in derselben Größe weitergeführt wird, die er oberhalb desselben besaß, umgekehrt vielleicht noch eine Vergrößerung stattfindet, ungeachtet der Regenüberfall einen mehr oder weniger beträchtlichen Teil der Kanalwassermenge abgeleitet hat, so wird dadurch der Raum für eine vergrößerte Aufnahme von Regenwasser gewonnen, und folglich eine Vergrößerung des Verhältnisses $\frac{F}{f}$ erzielt. Je weiter abwärts man geht, um so stärker wird unter der obigen Voraussetzung die Verdünnung des Kanalwassers, und in entsprechendem Verhältnis darf die Höhe der Ueberfallschwelle an den abwärts folgenden Regenüberfällen gesenkt werden. Unterbleibt die Senkung, so wird nach unten hin das Kanalwasser immer stärker verdünnt; es hat keine Schwierigkeit, in einem gegebenen Falle diese Aenderung auch rechnerisch zu verfolgen. Ist am unteren Ende des Netzes der Wert $\frac{R}{B}$ um m größer als am

oberen Ende, so darf bei dem untersten Regenüberfall die Höhenlage der Ueberfallschwelle um so viel tiefer als bei den oberen Regenüberfällen gelegt werden, daß sie der Bedingung $\frac{F}{f} = n - m$ genügt. Günstig für den Flußlauf wird es freilich immer sein, von dieser Erleichterung keinen Gebrauch zu machen, und der Verzicht darauf empfiehlt sich um so mehr, als bei der vergrößerten Wassermenge, die der Kanal im unteren Lauf führt, hier die absolute Menge der beigemischten Schmutzstoffe immer noch größer ist (oder doch größer sein kann) als in dem Wasser in den oberen Teilen des Kanalnetzes. Häufig wird jedoch die Einrichtung so getroffen, daß man den untersten, bei der Pumpstation liegenden Regenüberfall, der hier immer als Notauslaß konstruiert wird, nach dem Verhältnis $\frac{F}{f} = m$ gestaltet, worin $m < n$ ist.

Handelt es sich um Kanäle mit nicht reinen Wandungen, so ist der Vorgang bei der Wirksamkeit der Regenüberfälle folgender: Durch die mit der stärkeren Füllung des Kanalprofils eintretende Geschwindigkeitsvermehrung werden die an der Kanalwand haftenden Schmutzstoffe abgelöst und dem Wasser zugemischt; auch Ablagerungen schwererer Sinkstoffe am Boden werden mitgenommen. Das Kanalwasser im ersten Teil des vermehrten Abflusses ist dann stärker verschmutzt, als die Rechnung voraussetzt, mithin ein Verdünnungsverhältnis n, mit welchem gerechnet wurde, in dem Augenblick noch nicht vorhanden, wo der Wasserspiegel die Höhenlage der Regenüberfallschwelle erreicht. Daher soll bei Kanälen, die sich nicht selbstthätig dauernd rein halten, oder nicht durch Zuhilfenahme künstlicher Spülung beständig rein erhalten werden, der Wert n nicht klein, vielmehr hoch, jedenfalls höher gegriffen werden, als bei gut gepflegten reinwandigen Kanälen.

Die im Trockenabfluß des Kanalwassers vorhandenen spezifisch leichteren Schwebestoffe werden durch starken Regenwasserzufluß zur Oberfläche gehoben, und hier gesellen sich demselben die leichteren Schmutzstoffe (Düngerreste und Pflanzenrückstände u. s. w.) hinzu, die das Regenwasser im Anfang des Abflusses von Straßen, Höfen und Dächern mit sich führt. Im Anfang wird daher fast jeder Regenüberfall dem Flußlauf stark verunreinigtes Wasser zuführen, eine Thatsache, die ebenfalls dazu nötigt, bei der Annahme des Wertes n bis an die äußerste Grenze der Möglichkeit zu gehen. Im weiteren Verlauf eines Regenfalls tritt eine wesentliche Aenderung des Zustandes ein: die vorhandenen älteren Schmutzmassen sind fortgeführt, und gleichzeitig hat das Regenwasser an Reinheit gewonnen, weil nun Straßen, Höfe, Dächer, die Wände der Einlässe u. s. w. gewissermaßen gewaschen sind. In einem späteren Stadium des Abflusses erreicht daher das von den Regenüberfällen abgeführte Wasser den Verdünnungszustand wirklich, auf welchen die ganze Einrichtung basiert ist; nun erst findet das vorausgesetzte Verdünnungsverhältnis n wirklich statt und später ein noch günstigeres.

Die vorstehend dargelegten Verhältnisse erklären die Thatsache genügend, daß mitunter von Regenüberfällen schwere Schädigungen der öffentlichen Wasserläufe ausgehen. Es ist fast überflüssig, hinzuzufügen, daß dies kein, mit dem Vorkommen von Regenüberfällen unzertrennlich verbundener Mißstand ist. In vielen Fällen wurden Schädigungen der Flußläufe thatsächlich vermieden; in anderen hätten sie vermieden werden können. Sorgfältig gewählte Lage, hinreichende Anzahl, passende Bestimmung der Höhenlage der Ueberfallschwelle und der Breite derselben im Verhältnis zum Flußlauf, endlich Sorge für gute Straßenreinigung und gute Reinhaltung der Kanäle wären die Mittel dazu gewesen; hie und da ist das eine oder andere davon vernachlässigt worden. Daraus erklärt sich das häufige allgemeine Verdammungsurteil, welches über die Regenüberfälle und insofern, als dieselben fast

unentbehrliche Bestandteile der Schwemmkanalisation sind, über das ganze Schwemmsystem ausgesprochen wird. Teilweise erklärt sich aus derselben Ursache auch das Lob, das man gleichzeitig dem Trennsystem zuwendet.

Ohne die etwa sich einstellenden Bedenklichkeiten der Regenüberfälle zu unterschätzen, wird ausgesprochen werden müssen, daß weder das Trenn- noch das Schwemmsystem ausschließliche Geltung beanspruchen kann, beide ihre Berechtigung haben, sich ergänzen, und jedes am rechten Orte angewendet, durchaus am Platze ist. Regenüberfälle sind auch niemals eine lobenswerte, sondern nur eine unentbehrliche Zugabe der Schwemmkanalisation, ein notwendiges Uebel, das man zuweilen nicht vermeiden kann, von zwei Uebeln, die sich darbieten: Verzicht auf Schaffung einer gesundheitlichen Einrichtung ersten Ranges, Verzicht auf volle Befriedigung von ästhetischen und Verkehrsansprüchen, oder Schaffung einer Schwemmkanalisation, an welcher ein Bestandteil weniger Vollkommenes leistet, als man erwarten möchte, jedenfalls das kleinere.

§ 142. Der auch schon S. 23 erwähnte Streit um die Frage: ob Trennsystem, ob Schwemmsystem, ist in früherer Zeit gewöhnlich viel zu sehr vom allgemeinen Standpunkte aus, der den individuellen Verhältnissen des besonderen Falles nicht gerecht wurde, behandelt worden. Neuerdings hat sich die Ueberzeugung fast zur allgemeinen Anerkennung durchgerungen, daß jeder Fall besonders behandelt sein will. Wie sehr dies geboten ist, wie sehr man sich vor Verallgemeinerungen gewisser Sätze zu hüten hat, ergeben die nachstehenden Abwägungen.

1. Das Schwemmsystem kann, sobald es sich um Bezirke von nur einiger Größe handelt, Regenüberfälle nicht entbehren. Wo ihre Anlage unmöglich ist oder übermäßig hohe Kosten erfordert, und man auf eine Kanalisation nicht ganz verzichten will, bleibt nur das Trennsystem übrig.

2. Für hügelige Bezirke, aus denen das Straßenwasser auch ohne unterirdische Ableitung rasch verschwindet, ebenso für flach liegende Orte bezw. Stadtbezirke, welche lang hingestreckt am Ufer eines nicht zu kleinen Gewässers liegen, empfiehlt sich das Trennsystem wegen seiner geringeren Herstellungskosten.

3. In Ländern mit vielen und großen Flußläufen, in nicht zu flach liegenden Orten unmittelbar an der Meeresküste, in Städten an Berghängen, in Oertlichkeiten, an denen zu Zeiten außergewöhnlich hohe Regenfälle stattfinden, für welche man ausreichende Vorflutmittel auch nicht in Regenüberfällen zu schaffen vermag, wird das Trennsystem das empfehlenswertere, bezw. allein mögliche System sein.

4. Für Fabrikstädte, in welchen sorgsame Ausnutzung der in einem Gewässer gebotenen Betriebskraft stattfindet, mag die Zuführung des Regenwassers zu dem Gewässer von Bedeutung sein. Wenn nicht die sonstigen Verhältnisse der Wahl eines Trennsystems zu sehr widersprechen, mag man dasselbe mit Vorteil ausführen.

5. Gebiete mit ländlich gearteter oder weiträumiger städtischer Bebauung, in welchen dieser Zustand für die Dauer gesichert ist, werden mit Trennsystem gut ausreichen und dabei an Kosten erheblich sparen.

6. Wo die Reinigung der Abwässer mit besonderen Schwierigkeiten oder Kosten verbunden ist, das Straßenwasser aber sich selbst überlassen, oder auf billige Weise beseitigt werden kann, erscheint das Trennsystem besonders vorteilhaft.

7. In einer Stadt mit dichter Bevölkerung und großem Straßenverkehr ist bei flacher Lage und größerer Ausdehnung des Stadtgebiets ein Trennsystem so gut wie ausgeschlossen, wegen der auf den Verkehr zu nehmenden Rücksichten und wegen der Vergrößerung der Schwierigkeiten, welche die Reinhaltung der Straßen und die Fortschaffung der häuslichen Abfallstoffe erfordert. In langen Straßen mit schwachen Gefällen erreichen die für den Regenwasserabfluß anzulegenden Gossen

(Rinnsteine) schließlich solche Weiten und Tiefen, daß dem Verkehr unerträgliche Beschränkungen und Unsicherheiten auferlegt werden, und im Winter können bei Schneeablagerung und Eisbildung auf den Straßen und in den Gossen die ärgsten Zustände eintreten. — Es ist ferner Thatsache, daß durch die für das Straßen- und Hofwasser dienenden Einlässe beim Bestehen des Schwemmsystems größere Mengen von Abfällen mit fortgeschafft werden, deren Fortschaffung beim Bestehen eines Trennsystems erhebliche Kosten und Verkehrsbelästigungen mit sich bringt.

8. Wo auf rasche und vollständige Entfernung aller Abfallstoffe — ausgenommen die trockenen —, auf besondere Reinheit der Straßen und Höfe Wert gelegt wird, wo auch die sogen. ästhetischen Ansprüche an den Modus der Fortschaffung eine Rolle spielen, erscheint nur das Schwemmsystem als ausreichend.

9. In beckenförmigen Gebieten oder nur flacher Lage ist bei einigem Straßenverkehr das Schwemmsystem dann angezeigt, wenn nicht etwa besonders hohe Lage des Grundwasserspiegels die Schaffung ausreichender Gefälle verhindert, oder die Baukosten der — weiten — Kanäle in ungebührlichem Maße erhöht; in letzterem Falle ist das Trennsystem angezeigt.

10. In Städten oder Bezirken mit raschem Wachstum und zunehmender Dichte der Bebauung soll man, auch wenn im Anfang das Trennsystem im Vorzug wäre, von demselben absehen und von vornherein das Schwemmsystem einführen, weil sich früher oder später die Notwendigkeit zu demselben überzugehen einstellen wird und der Wechsel allerhand Schwierigkeiten und vermehrte Kosten mit sich bringt.

11. Wenn die Geländeform oder sonstige Verhältnisse dazu nötigen, für das Straßenwasser unterirdische Ableitung einzurichten, so wird die Ausführung des Schwemmsystems meist im Vorzuge sein, denn die Kosten der beiden Leitungssysteme werden in der Regel höher sein, als die Kosten der einfachen Schwemmleitung. Und es kommt hinzu, daß die Unterbringung der doppelten Leitung im Straßengrunde Schwierigkeiten mit sich bringen kann, wenn bereits anderweite Leitungen (für Reinwasser, Gas, Elektrizität) vorhanden sind. Auch führt das Vorhandensein von doppelten Leitungen leicht zu absichtlichen oder unabsichtlichen Verwechslungen, die den Zweck der doppelten Leitung beeinträchtigen. Immer führt es zu vermehrten Kosten für die Anlieger, welche nunmehr doppelte Anschlußleitungen herzustellen haben. Dies ist ein Punkt, welcher oft absichtlich außer acht gelassen wird, da es für den Stadtsäckel in der Regel erwünscht erscheint, die Kosten der Kanalisationsanlage in möglichst großem Umfange direkt auf die Schultern der Stadtbewohner abzubürden. — Uebrigens kann bei den hier berührten Verhältnissen auch der Umstand eine Rolle spielen, ob bereits Kanäle aus älterer Zeit vorhanden sind, welche ganz oder zum Teil ohne erhebliche Umänderungskosten für die neue Anlage benutzbar sind.

12. Das Trennsystem läßt gewöhnlich auch die Aufgabe der Fortschaffung der Dach- und Hofwasser oder Wasser, überhaupt hinteren Teil der Grundstücke ungelöst. Liegen letztere Flächen tiefer als die Straße, so können durch die nun erforderliche anderweite Beseitigung der Hof- und Dachwasser den Schultern der Eigentümer bedeutende Kosten auferlegt bezw. gesundheitsschädliche Zustände gewissermaßen verewigt werden. Es bleibt allerdings das Aushilfsmittel, eine Modifikation des Trennsystems insoweit eintreten zu lassen, daß die genannten Wasser mit aufgenommen werden, und es handelt sich dann um ein Zwischensystem, wie es an vielen Orten, bezw. in gewissen Ortsteilen ausgeführt ist, dem sowohl gegenüber dem Schwemmsystem als Trennsystem gewisse Vorzüge eigen sind.

13. Gegen das Schwemmsystem wird oft der Vorwurf erhoben, daß durch Haften von Schmutz an den Kanalwänden, welche Erscheinung sich infolge des großen Wechsels in den Abflußmengen allerdings leicht zeigt, schwere gesund-

heitliche Nachteile entständen oder doch entstehen könnten. Dabei wird übersehen (oder auch verschwiegen), daß ein derartiger Zustand sich durch rationelle Ausgestaltung der Kanalprofile und durch Sorgsamkeit im Betriebe des Kanalnetzes (systematisch durchgeführte Reinigung und Spülung) unschwer vermeiden läßt. Es wird ferner übersehen, daß beim Trennsystem, wenn dasselbe ohne Zugabe einer Regenwasserableitung ausgeführt wird, sich auf den Straßen, Höfen u. s. w. viel größere Schmutzmengen ansammeln können als in den Kanälen und daß diese Schmutzmengen bei ihrer großen Ausbreitung und ihrer der Luft und Sonne ausgesetzten Lage viel größere Schädlichkeiten mit sich bringen, als die halb verschlossen liegenden geringen Mengen an den Kanalwänden. Wenn — gesonderte — Regenwasserableitungen vorhanden sind, werden Straßen- und Hofflächen reiner bleiben; es wird aber alsdann gerade dasjenige beim Trennsystem eintreten, was man dem Schwemmystem oft zum schweren Vorwurf machen hört: die Verunreinigung der Gewässer durch die Regenüberfälle. Und letztere Verunreinigung wird wohl in der Regel hinter derjenigen zurückbleiben, welche bei der gesonderten Ableitung des Trennsystems stattfindet (vergl. § 139, 140).

14. Ein unbestreitbarer Vorzug des Trennsystems ist es, daß die Menge der Abwasser, die dasselbe abzuführen hat, genauer bekannt und mit relativ geringen Abweichungen auch gleichbleibend während der Tagesstunden ist. Es können daher sowohl die Querschnitte der Leitungen, als die etwa erforderlichen Hebeeinrichtungen des Wassers (Pumpen), als die Reinigungsanlagen dem Bedarf möglichst eng angepaßt werden, wodurch Bau und Betrieb sich viel ökonomischer als beim Schwemmsystem herausstellen.

15. Ein ähnlich großer Vorzug des Trennsystems besteht darin, daß dies Wassermengen gering sind, man daher mit engen Leitungen, kleinen Hebewerken und mit Reinigungsanlagen beschränkter Größe ausreicht. Dieser Vorzug gewinnt da besondere Bedeutung, wo die Bodenverhältnisse Schwierigkeiten für den Bau bieten, und desgleichen auch da, wo die Beschaffung der Reinigungsanlagen auf Schwierigkeiten stößt.

16. Ein weiterer Vorzug des Trennsystems liegt in der gleichbleibenden Beschaffenheit der Abwasser, die es ermöglicht, die Reinigungsanlagen (ob diese nun in Rieselfeldern, Filtern oder Klärwerken bestehen) der Beschaffenheit des Wassers eng anzupassen, mithin rationeller auszuführen und zu betreiben, als es beim Schwemmsystem, das mit Wasser von stark wechselnder Menge und Beschaffenheit zu thun hat, möglich ist.

17. Die genauere Begrenzung der Wassermengen ermöglicht es, sich einigermaßen unabhängig vom Terraingefälle zu machen. Denn, wenn mechanische Hebung der Wasser zu Hilfe genommen wird, kann man das Entwässerungsgebiet in Teile zerlegen, für jeden Teil den Tiefpunkt willkürlich festsetzen und dadurch für die Zuleitungen von den Straßen und Häusern die passenden Gefälle schaffen. Indem man die Bezirke hinreichend klein bestimmt, ist man im stande, auch Einsenkungen dieser Leitungen ins Grundwasser zu vermeiden. Es kommen Stadtlagen vor, in welchen eine solche Einteilung unvermeidlich, in welchen auch der Stand des Grundwassers so hoch ist, daß einzig die Wahl eines Trennsystems übrig bleibt.

18. Die mehr oder weniger willkürliche Wahl der Tiefenlage und Beständigkeit des Wasserabflusses bringen die Möglichkeit mit sich, Kellerüberschwemmungen der angeschlossenen Gebäude vorzubeugen, ohne dazu künstlicher und oft unzuverlässiger Einrichtungen zu bedürfen.

19. Vermöge der möglichen genauen Anpassung der Gefälle an Wassermenge und Wasserbeschaffenheit können die Wandungen der Kanäle des Trennsystems sich im allgemeinen besser rein halten als die des Schwemmsystems. Man bedarf also

zahlreicher Revisionseinrichtungen, wie sie bei letzterem unentbehrlich sind, nicht; entweder fallen dieselben ganz fort oder sind nur in beschränktem Umfange erforderlich. Künstliche Spülungen sind bei den kleineren Querschnitten, der geringeren Verunreinigung der Kanäle und den passenderen Gefällen mit geringeren Wassermengen ausführbar als beim Schwemmsystem.

20. Die örtlichen Verhältnisse werden es öfter gestatten, den etwa erforderlichen Kanal für die Regenwasserableitung mit dem Kanal für die Brauchwasserableitung zu einem einheitlichen Baukörper zusammenzufassen; ersterer kann sowohl über, als neben dem letzteren liegen. Diese Ausführungsweise ergiebt ansehnliche Kostenersparnisse und gewährt daneben den Vorteil, den Brauchwasserkanal vom Regenwasserkanal aus gelegentlich spülen zu können.

21. Zwei Vorzügen des Trennsystems, welche gewöhnlich angeführt werden, kann eine besondere Bedeutung nicht zugestanden werden. Es soll: a) der Anschluß der Hausleitungen an die engen Leitungen des Trennsystems weniger kostspielig sein, als der an die größeren Leitungen des Schwemmsystems. Dies ist keineswegs durchgehends der Fall, und namentlich dann gar nicht, wenn schon beim Bau der Leitungen die Anschlußvorrichtungen gebührend berücksichtigt werden. Außerdem wird bei der Geltendmachung jenes Vorzugs der Umstand übersehen, daß auch beim Schwemmsystem die Mehrzahl der Grundstücksanschlüsse an den oberen Enden der Leitung liegt, welche der Regel nach ebenfalls aus — engen — Rohrkanälen bestehen. Es soll: b) beim Trennsystem die Gefahr des Eindringens von Kanalgasen in die angeschlossenen Gebäude bedeutend verringert, nach den Behauptungen einiger sogar ganz ausgeschlossen sein, weil bei der beständigen Füllung der Kanäle für Gasbildungen überhaupt kein Raum vorhanden sei. Hierzu ist auf die Darlegungen S. 141 ff. über die wirkliche Bedeutung der Kanalgase und über die mögliche Vermeidung von Schädlichkeiten in den angeschlossenen Häusern hinzuweisen und ergänzend hinzuzufügen, daß Gasbildungen auch in den engen Rohren nicht verhindert sind, einmal weil dies unter den Verhältnissen, welche in Rohrkanälen bestehen, überhaupt unmöglich ist, und sodann weil auch die engen Rohre des Trennsystems nicht immerwährend, sondern nur zu gewissen Stunden ganz gefüllt sind, zu andern nur zu einem mehr oder weniger großen Teile ihres Querschnitts (betr. Angaben s. S. 201). Was alsdann die Möglichkeit betrifft, daß Gase aus dem Straßenrohr auf Unrechtwegen in die Häuser eindringen, so wird man nicht zweifelhaft sein können, daß es besser ist, dieser Gefahr durch sachgemäße Einrichtungen — rationelle Vorkehrungen zum Luftwechsel — entgegenzutreten, als etwa mit unbegründbarer Hartnäckigkeit sich jener Möglichkeit zu verschließen. Diese ist um so weniger am Platze, als die Gase, welche in den nicht gelüfteten Kanälen des Trennsystems erzeugt werden, stärkere Konzentrationen aufweisen werden, als die in gut gelüfteten Kanälen des Schwemmsystems sich bildenden.

Im übrigen leisten die verschiedenen Ausführungsweisen des Trennsystems — auf welche erst im Teil II einzugehen sein wird — sowohl was Gasbildung als was Gasabhaltung betrifft, Verschiedenes; das sogen. Shone-System ist in dieser Hinsicht das vollkommenste.

§ 141. Wie man aus den vorstehenden Darlegungen entnimmt, müssen Trennsystem und Schwemmsystem sich gegenseitig ergänzen und können nicht nur in verschiedenen Orten, sondern sogar in einem und demselben Orte zweckmäßig nebeneinander bestehen, wie es dafür in der That auch in Deutschland eine Reihe von Beispielen giebt. Ebenso sind Beispiele eines gemischten Systems — Aufnahme bestimmter Mengen von Regenwasser — bereits in einiger Zahl vorhanden und

werden in Zukunft jedenfalls noch häufiger ausgeführt werden, als es bisher schon der Fall gewesen ist.

Im übrigen handelt es sich keineswegs immer um die Frage, ob nur das eine oder andere System, oder keines von beiden möglich, bezw. auszuführen sei? So eng wird sich das vielgestaltige Problem der Städtereinigung längst nicht immer umgrenzen lassen, besonders nicht in kleineren und Mittelstädten. Eine von den Hauptfragen wird nämlich immer die sein: wie es mit dem Verbleib der menschlichen Absonderungen zu halten sei? Ist hiefür durch eine gut organisierte Abfuhreinrichtung (Gruben-, Tonnen-, Liernur-System) gesorgt, so bleibt nur noch für die häuslichen Brauch- und die Regenwasser vorzukehren: Ob man diese gemeinsam oder getrennt beseitigen soll, kann sowohl eine Frage der Oertlichkeit als der Zeit sein. Es kann sich nach Lage des besonderen Falles empfehlen, zunächst nur für Ableitung der häuslichen Brauchwasser, oder auch die Ableitung der Regenwasser allein, und später erst für beide, oder von vorn herein für den Verbleib beider Wassergattungen zu sorgen. Es kann sich dabei um stückweises Vorgehen in einzelnen Stadtbezirken, es kann sich auch um Inangriffnahme des ganzen Stadtgebiets auf einmal handeln. Ersichtlich ist Raum für eine ganze Reihe von Möglichkeiten, so daß die Behandlung der Frage, ob Trenn-, ob Schwemmsystem, wenn dieselbe ohne Rücksicht auf den besonderen Fall in Angriff genommen wird, leicht in die Gefahr gerät, einen ins „Komische“ fallenden Anstrich anzunehmen.

Es sei zur Bekräftigung der oben gemachten Auslassungen auf die zahlreich vorkommenden Beispiele von Städten hingewiesen, welche, neben einem Abfuhrsystem für die Klosettstoffe, mit Leitungen, sei es für Schmutz-, sei es für Regenwasser, sei es für beide gemeinsam, ausgestattet sind. Darunter seien nur etwa Bremen, Leipzig, Görlitz, Essen a. d. R., Mailand genannt, Dutzende anderer kleinerer Städte unerwähnt zu lassen.

VII. Abschnitt.

Trockene Abfallstoffe.

§ 142. Zu den sogen. Abfallstoffen gehören:

1. Die menschlichen Absonderungen, wenn dieselben nicht in unterirdischen Leitungen fortgeschafft werden, sondern durch Abfuhr zu beseitigen sind.

Es rechnet auch der Inhalt sogen. nasser Gruben hierher, in welchen die menschlichen Absonderungen allein, oder vereinigt mit den häuslichen Brauchwassern aufbewahrt werden.

2. Asche, Hauskehricht, Küchenabfälle, Scherben, Glassplitter, Reste von kleinen Metallgegenständen, Leder, Papier, Stoffreste, Pflanzenteile, Abfälle der allerverschiedensten Art aus kleinen gewerblichen Betrieben, aus Markthallen und von offenen Märkten, endlich auf Hofflächen u. s. w. gefallener Schnee.

3. Der Straßenkehricht, eingerechnet die aus Straßenrinnen und -Einlässen zu entfernenden Schmutzmassen, ferner der auf Straßen und Plätze gefallene Schnee.

4. Tierischer Dünger, auch die sonstigen Abfälle, welche aus Schlächtereien, Schlacht- und Viehhöfen u. s. w. erfolgen.

1. Kapitel.

Menge, Beschaffenheit und Sammelweise der menschlichen Absonderungen.

§ 143. Es ist hierzu zunächst auf die bereits S. 159 ff. gemachten Angaben zu verweisen, welche an dieser Stelle aber Ergänzungen in verschiedenen Richtungen bedürfen.

Wenn die Jahresmenge der Absonderungen einer Person dort zu durchschnittlich zu 48,5 kg festen und 438,0 kg flüssigen Stoffen angegeben ward, so ist dazu zu bemerken, daß von diesen Mengen bei jeder Sammelweise der Stoffe ein gewisser Teil in Abzug gebracht werden muß, welcher nicht zur Sammlung gelangt, weil er nach irgend welchen andern Stellen hin „verschleppt“ wird. Der der Sammlung

entzogene Teil fällt in Städten mit großer Wohndichte und auch in Orten mit vorwiegend wohlhabender Bevölkerung am kleinsten, dagegen in Städten mit geringer Wohndichte, kleinen Landstädten u. s. w., und auch in Orten mit vorwiegender Arbeiterbevölkerung am größten aus. Einen gewissen Einfluß übt dabei auch die Sammel- und Abfuhrweise, und einen noch weiteren die Sorgfalt, mit der die betreffenden Einrichtungen organisiert und die Strenge, mit welcher die Organisation durchgeführt wird. Werden weiter noch die Verluste berücksichtigt, welche sich durch teilweises Verdunsten des Wassergehalts und durch Verflüchtigung gewisser Bestandteile der Absonderungen ergeben, so ist der unerwartet hohe Unterschied der nach täglichen Beobachtungen zwischen der wirklichen Menge der Absonderungen und dem davon zur Abfuhr gelangenden Teile besteht, vollkommen erklärt. Nach Heiden sollen beim Grubensystem im Durchschnitt 94 % der Absonderungen zur Sammlung gelangen. Diese Zahl ist nach Vogel (Die Verwertung der städtischen Abfallstoffe) viel zu hoch; nach den Mitteilungen dieses Autors erscheint sogar die Zahl von 54 % noch zu groß. Er zieht einerseits die Erfahrungen von Stuttgart, wo das Abfuhrsystem mit besonderer Vollkommenheit ausgebildet ist und andrerseits die Erfahrungen von Chemnitz als Beispiele heran.

In Stuttgart wurden im Jahre 1889 0,496 cbm Absonderungen pro Kopf durch die musterhaft organisierte Abfuhreinrichtung entfernt. Indem damals etwa 300 Wasserklosetts in der Stadt bestanden, die an die Gruben angeschlossen waren, ist diese Menge etwas größer als die Jahresmenge der Absonderungen pro Kopf. Wenn man mit einem mittleren Satze für die Spülwassermenge der Klosetts rechnet, so ermäßigt sich die Menge der eigentlichen Absonderungen auf durchschnittlich 0,450 cbm pro Kopf und Jahr, d. h. auf etwa 93 % der durchschnittlichen Jahresmenge der Absonderungen = 486,5 kg. — In Chemnitz betrugen im Jahre 1891 die durch Abfuhr entfernten Absonderungsmengen nur 0,309 cbm pro Kopf, daher 36 % weniger als die durchschnittliche Jahresmenge.

Da es sich in beiden Fällen um große Städte handelt, wird man beim Grubensystem etwa folgende Zahlen als Jahresabfuhrmengen pro Kopf rechnen können: Bei den vollkommensten Einrichtungen 90 % der Absonderungen; bei mittelguten Einrichtungen 66 %; bei kleinen Städten mit teilweise mangelhaften Einrichtungen 50 % und weniger.

Ein noch anderes, ungünstigeres Bild ergiebt sich, wenn man den Düngerwert des frischen Grubeninhalts und denjenigen des zur Abfuhr gelangten — älteren — Grubeninhalts vergleicht. Es enthält 1 cbm der frischen Stuttgarter Absonderungen 4,4 kg Stickstoff; daher sind in der auf 1 Kopf entfallenden Menge von 0,496 cbm 2,182 kg Stickstoff enthalten. Da nun nach den Angaben S. 161 auf 1 Kopf im Jahre eine Stickstofferzeugung von 4,12 kg entfällt, so gelangen in Stuttgart nur $\frac{2,182}{4,12}$ oder 53 % der ursprünglich vorhanden gewesenen Stickstoffmenge zur Nutzung, woraus zu schließen ist, daß in andern Fällen mit minder vollkommenen Einrichtungen bei der Abfuhr bis zu 30 % des Wertes der Dungstoffe herab und vielleicht noch mehr verloren wird. In ähnlichem Verhältnis würde der auf S. 21 berechnete landwirtschaftliche Wert der bei der Abfuhr gewinnbaren Dungstoffe sich ermäßigen, daher z. B. in Stuttgart nicht viel über 0,53 . 5,2 = 2,75 M. hinaus gehen. Für kleine Städte kann derselbe auf wenig mehr als 1,5 M. pro Kopf und Jahr herabsinken.

Die durchschnittliche Zusammensetzung von Grubeninhalt ist nach Vogel (a. a. O.):

Wasser	96,353 %
Trockengehalt	3,555 „
Und in letzterem:	
Organische Substanzen	2,765 „
Gesamtstickstoff	0,367 „
Ammoniakstickstoff	0,107 „
Phosphorsäure	0,158 „
Asche	1,392 „

Der oben nachgewiesene beträchtliche Verlust an Stickstoff rührt von dem raschen Umsetzen des im Harn vorhandenen Stickstoffs in flüchtige Verbindungen, besonders in Ammoniak, her, während die Verringerung der Menge teilweise auf der Wasserverdunstung beruht.

Der thatsächlich nutzbare geringe Düngerwert von beim Grubensystem zur Sammlung gelangenden Absonderungen erklärt ausreichend die Schwierigkeiten, mit welchen Düngerbereitungsanstalten, die das Rohmaterial aus Gruben entnehmen, fast überall zu kämpfen haben. Anderseits weisen die mitgeteilten Thatsachen auf die Anwendung von Sammeleinrichtungen hin, bei welchen sowohl größere Mengen der Absonderungen zur Sammlung gelangen, als letztere auch in mehr frischem Zustande gewonnen, oder durch Zusätze die großen Verluste an Stickstoff ermäßigt werden.

Andre, wichtigere Gründe für Verminderung des Grubensystems kommen weiterhin zur Erwähnung.

Im übrigen ist vereinzelt auch eine Nutzung des Grubeninhalts zur Herstellung von Fäkalsteinen, die als Brennmaterial dienen, versucht worden. Desgleichen kann der Grubeninhalt auf Gewinnung einiger hochwertiger Stoffe (schwefelsaures Ammoniak, Fette u. dgl.) verarbeitet werden; doch haben diese Verfahren bislang nur in Einzelfällen Anwendung gefunden.

§ 144. Die zu zweit erwähnte Verbesserung wird in dem Tonnen- und dem Kübelsystem verwirklicht, bei welchem in jedem Falle eine längere Aufbewahrung der Absonderungen unthunlich ist. Beide Systeme unterscheiden sich dadurch, daß, während die Tonnen nicht nur als Sammel-, sondern auch als Transportgefäße dienen, die Kübel zuweilen nur Sammelgefäße sind, indem der Inhalt zum Abtransport in Wagen entladen wird. Auch können Kübel sowohl verschlossen als offen unter dem Abortsitz aufgestellt sein, während Tonnen immer verschlossen aufgestellt werden. Wenn die Einrichtung gut organisiert ist, d. h. wenn die Auswechslung der Tonnen oder Kübel unabhängig von dem Willen der Hauseigentümer erfolgt, wird auch der an erster Stelle erwähnten Verbesserung ein gewisser Vorschub geleistet. Wenn aber die Auswechslung dem Belieben des Hauseigentümers überlassen ist, treten leicht Verzögerungen ein und finden Ueberfüllungen der Tonnen oder Kübel statt, welche beiden Umstände Gefahren mit sich bringen, auch Veranlassung zu Verschleppungen und zum Verbringen der Absonderungen auf Unrechtwegen werden. Daß in der That auch bei beiden Systemen die zur Sammlung gelangenden Mengen hinter den wirklichen Absonderungsmengen weit zurückbleiben, beweist Vogel (a. a. O.) an zwei Beispielen: Neumünster und Potsdam. Hier wurden 0,374, bezw. 0,380 kg Absonderungen pro Tag und Kopf = 136,5 bezw. 138,7 kg aufs Jahr berechnet, gesammelt. Das macht nur 28, bezw. 28,5 % der wirklichen Absonderungsmengen. Nach den Bevölkerungsverhältnissen der beiden Städte hält aber Vogel diese Anteile als Durchschnittssätze zu gering, glaubt vielmehr auf die Menge von 0,5 kg pro Tag und Kopf, gleich der Jahresmenge von 182,5 kg, d. i. 37,5 % der wirklichen Absonderungsmengen, rechnen zu können.

In dieser Hinsicht stände also das Tonnensystem schlechter da, als das Grubensystem. Anders ist die Sachlage mit Bezug auf den Düngerwert des Tonneninhalts. Denn die durchschnittliche Zusammensetzung des letzteren ist nach einer Reihe von Analysen, welche Vogel mitteilt, folgende:

Wasser	92,313 %
Trockengehalt	7,688 „
Und darin:	
Organische Substanz	5,542 „
Gesamtstickstoff	0,750 „
Ammoniakstickstoff	0,426 „
Phosphorsäure	0,266 „
Kali	0,285 „
Asche	1,759 „

Ein Vergleich dieser Zahlen mit den auf letzter Seite mitgeteilten zeigt, daß der Düngerwert der in Tonnen gesammelten Absonderungen erheblich höher als der in Gruben gesammelten ist. Genaue Zahlen sind jedoch nicht angebbar, weil die Menge des in der organischen Substanz enthaltenen Stickstoffs nicht mitgeteilt wird. Wenn man aber das Weniger an Menge in Betracht zieht, so mag vielleicht ein Ausgleich dahin stattfinden, daß bei beiden Sammelweisen (Gruben und Tonnen) der Wert der für die Landwirtschaft „erlangbaren" auf 1 Kopf der Stadtbevölkerung bezogenen Jahresmenge etwa derselbe sein, vielleicht beim Tonnensystem ein geringes Mehr stattfinden wird.

§ 145. Zusätze zu den Absonderungen, durch die neben einer Erhöhung des Düngerwertes derselben, eine Erleichterung des Transports bewirkt wird, sind Erde, Asche und Torfmull; ausnahmsweise kommen noch andre Stoffe, wie z. B. Wollstaub aus Fabriken u. s. w., zur Benutzung. Immer ist die Absicht, die Absonderungen aus dem flüssigen Zustande in einen mehr kompakten Zustand zu versetzen und gleichzeitig die Geruchbelästigung zu mindern. Vielfach hat man von den erwähnten Zusätzen desinfizierende Wirkungen erwartet, namentlich von dem Torfmull. Neuere Forschungen haben ergeben, daß diese Erwartung ohne Grund gehegt wird, daß nur Desodorisation, nicht aber Desinfektion stattfindet. Indes hat in der neuesten Zeit Pfeiffer die Entdeckung gemacht, daß dem Torfmull durch Zusatz starker mineralischer Säuren die Fähigkeit zur Desinfektion verschafft werden kann. Fast immer findet bei den Erd-, Aschen- und Torfmullklosetts die Sammlung der Absonderungen in beweglichen Behältern statt; Grubenbenutzung kommt nur ausnahmsweise vor. Alle drei Arten bezeichnet man als Trockenklosetts.

§ 146. Die Vermengung von Erde mit den Absonderungen ist uralt, vermutlich weil man schon früh die große Kraft der Erde zur Zerstörung von Gerüchen kennen lernte. Diese Eigenschaft beruht auf der Thätigkeit der Mikroorganismen in humushaltigem Boden. Zweckmäßige Einrichtungen der Erdklosetts datieren erst aus dem Anfang der 1860er Jahre, wo der Engländer Moule durch Versuche zu Feststellungen über den Mindestbedarf an Erde, über die geeignetsten Erdarten u. s. w., gelangte.

Je humusreicher und je trockener die Streuerde, um so wirksamer ist dieselbe, sowohl mit Bezug auf die Bindung von Gerüchen, als in Bezug auf die Leistung als Trockenmittel. Am meisten geeignet wird danach gut getrocknete Gartenerde sein, weniger gut Lehm- und Sandboden.

Die Fähigkeit, Wasser festzuhalten, ist in erster Linie durch das Porenvolumen bestimmt, welches für trockene Gartenerde 50—60 % und mehr betragen mag. (Zahlen-

angaben S. 57.) Doch schwanken die Angaben über die erforderlichen Erdmengen nach Blasius (Weyl, Handb. der Hygiene, Bd. 2) in sehr weiten Grenzen. Moule gab als Bedarf auf 1 Gewichtsteil Absonderungen 2—2,5 Gewichtsteile Erde an; andre wollen die 8—11fache Menge verwendet wissen. Die großen Unterschiede erklären sich teils aus den großen Unterschieden in der Erdbeschaffenheit, teils aus der Zuführungsweise: ob von Hand oder mit Streuapparat. Es scheint aber, daß bei guter Erdbeschaffenheit und sorgfältiger Handhabung 2—2,5 Teile Erde ausreichend sind. Dies würde auf einen Jahresbedarf pro Kopf von 973—1216 kg Erde hinauskommen, daher, wenn man einerseits auf unvermeidbare Verluste an Erde, anderseits auf Verschleppungen gewisser Mengen von Absonderungen rechnet, auf rund 1000 kg trockene Erde, oder, dem Volumen nach, etwa 1 cbm.

Danach wird in den Erdklosetts das Volumen, welches zu beseitigen ist, auf mindestens das Dreifache vermehrt, ein Umstand, welcher der Verwendung der Erdklosetts enge Grenzen zieht. Teils sind diese durch die Vermehrung der Arbeitsleistung gegeben, teils durch den großen Raumbedarf für den notwendigen Erdvorrat, und für die aus den Klosetts entfernten Massen. Um diese Schwierigkeiten zu mindern, steht allerdings das Mittel zu Gebote, die Erde wiederholt zu benutzen, indem man die Masse sorgfältig trocknet und pulvert. Geruchsbindung soll auch bei der wiederholt benutzten Erde stattfinden. Es liegt jedoch auf der Hand, daß andre Gründe die Benutzung dieses Mittels so gut wie aufheben. Man kann daher sagen, daß Gelegenheiten, wo das Erdklosett am Platze ist, selten sein werden. Für dicht bebaute Orte mit beschränkten Wohnverhältnissen ist dasselbe ausgeschlossen und nur bei weiträumiger Bebauung, wenn Gewinnung der Erde und Benutzung der Düngermassen auf dem Wohnhausgrundstück möglich, gut geeignet. Es kann aber noch in kleinen Landstädten verwendbar sein, wo der Transport der Erd- und Düngermassen sich auf kurzen Wegen vollzieht und Raum zur Lagerung derselben vorhanden ist. Außerdem ist etwa an Verwendungen in Notfällen und bei vorübergehenden Anlagen zu denken, wie z. B. in Kriegslazaretten, Barackenlagern für Militär und Arbeiter u. s. w.

§ 147. Asche ist als Streumittel im Vergleich zu Gartenerde minderwertig, sowohl mit Bezug auf die Fähigkeit derselben Wasser, als auch Gerüche zu binden. Ob die Asche von Holz, Torf oder Kohle herstammt, ist dabei gleichgültig. Will man nicht die erforderlichen Aschenmengen ins Unzulässige wachsen lassen, so empfiehlt es sich, nur den festen Teil der Absonderungen mit Asche zu mischen, den Harn aber abzusondern und in der natürlichen Form fortzuschaffen, da auf 1 Teil feste Absonderungen — nach Feststellungen von Erisman — 7 Teile Torfasche zugesetzt werden müssen. Die Befreiung der Asche von gröberen Teilen durch Absieben wird nur wenig zur Ermäßigung des Aschenbedarfs beitragen. Hiernach schließt schon die unvermeidliche rohe Form die Verwendung des Aschenklosetts gewöhnlich aus und muß daran gedacht werden, an Stelle beweglicher Behälter feste Gruben zu benutzen. In dieser Form mag dasselbe in Fabriken, wo große Aschenmengen zur Verfügung stehen, am Platze sein. Doch giebt es in England auch Städte, wo dasselbe in ausgedehntem Gebrauch ist, und zwar mit Benutzung von Kübeln; dazu gehört Manchester.

§ 148. Torfmull ist der aus zerkleinerter Torfmasse beim Durchsieben abgesonderte feinere Teil; der gröbere Teil wird Torfstreu genannt; in Klosetts wird nur das Torfmull verwendet, welches zu größeren Ballen von $\frac{1}{3}$—$\frac{1}{2}$ cbm Inhalt gepreßt, zur Versendung gelangt.

Beschaffenheit und Leistung des Torfmulls sind nach seiner Herkunft sehr verschieden; die Verschiedenheiten sind aber im wesentlichen durch das Alter, d. h.

durch den Zersetzungszustand (der Sphagnum-Arten) bedingt, in welchem sich die Schicht, der der Torf entnommen wird, befand. Als Verunreinigung des Torfmulls in dem hier fraglichen Sinne muß ein Anteil von Sand betrachtet werden, weil dieser die Leistung herabzieht. Er kommt in gutem Material bis zu etwa 9 Gewichtsprozenten vor. Ferner wird die Leistung durch Anwesenheit von Feuchtigkeit im Torfmull entsprechend abgemindert. Die Feuchtigkeit wechselt von 10—30 Gewichtsprozenten und darüber. Uebrigens ist Torf ein ziemlich zusammengesetzter Körper, welcher Stickstoff in ziemlichen Mengen, nebst Kali, Natron, Kalk, Magnesia und verschiedene mineralische Säuren enthält.

Aus einer großen Anzahl von Angaben, welche Vogel (a. a. O.) über Zusammensetzung und Leistung von Torfmull macht, werden hier nur folgende mitgeteilt:

Unverbrennliche Stoffe finden sich im Torfmull bis etwa 10 % ; meist betragen sie jedoch nur 4—6 %. Verbrennliche Stoffe kommen bis 99 % darin vor, meist betragen dieselben 94—96 %. Stickstoff kommt bis zu etwa 3 % vor; meist bewegt sich derselbe zwischen 0,6 und 1,2 %.

Ueber die wasserbindende Kraft des Torfmulls und den Einfluß, den dabei der Feuchtigkeitsgehalt übt, giebt folgende Tabelle Auskunft, welche sich auf Proben der allerverschiedensten Herkunft (über welche in der angegebenen Quelle nachzusehen ist), bezieht.

1.	2.	3.	4.	5.	6.
Probe	Feuchtigkeitsgehalt in 100 Gew.-Teilen	100 Gewichtsteile			
		saugen Feuchtigkeit auf		Trockenasche enthalten	
		im trockenen Zustande	feucht wie in Sp. 2 angegeben	Sand und Kieselsäure	Stickstoff
I.	27,74	2891	2089	0,41	0,79
II.	28,54	2476	1770	1,90	0,84
III.	39,69	2237	1349	2,11	0,95
IV.	19,50	1318	1061	1,92	1,56
V.	9,86	926	840	8,88	1,02
VI.	21,64	1021	800	1,85	2,87
VII.	13,96	1133	968	2,96	1,90
VIII.	23,41	1465	1099	4,19	1,00
IX.	21,70	2139	1653	0,27	0,66
X.	20,59	1328	1034	5,27	1,00
XI.	56,46	458	143	5,08	1,40
XII.	15,59	1444	1203	2,19	0,75
XIII.	17,24	826	666	5,73	1,49
XIV.	16,46	1302	1071	1,30	3,27
XV.	20,18	1532	1203	0,17	0,46
XVI.	23,83	1390	1036	1,33	1,06
XVII.	10,08	1466	1308	4,66	0,90
XVIII.	11,34	1436	1262	1,32	0,86
XIX.	13,58	1814	1554	1,96	0,87
Durchschn.*)	19,72	1564	1220	2,69	1,23

Nach dieser Tabelle liegt die wasserbindende Kraft von Torfmull außerordentlich

*) Mit Ausschluß der Probe zu XI berechnet.

hoch; doch wechselt dieselbe auch in sehr weiten Grenzen. Die vorhandene Feuchtigkeit mag man zu rund 20 % annehmen; sie wird aber bei längerem Lagern des Torfmulls an nicht trockenem Ort jedenfalls höher sein. Da überdem die sämtlichen oben aufgeführten 19 Proben Ausstellungsstücke und als solche von ausgewählter Beschaffenheit waren, wird man die in praxi vorhandene wasserbindende Kraft des Torfmulls wesentlich niedriger als die berechnete Durchschnittszahl von 12,2 anzunehmen haben. In der That liefern anderweite, von Vogel mitgeteilte Analysenergebnisse (für wasserfreies Torfmull), auch nur die Durchschnittszahl von 7,5, und aus einer von Blasius (a. a. O.) mitgeteilten Zahlenreihe berechnet sich (ebenfalls für wasserfreies Torfmull) nur die Durchschnittszahl 6,6. Zieht man nun noch eine Feuchtigkeitsmenge von 20—33 % in Betracht, so bleibt als wasserbindende Kraft des Torfmulls, mit der in praxi gerechnet werden kann, 4,5 bis höchstens 5,0; d. h. es können von 1 Gewichtsteil Torfmull 4,5—5 Gewichtsteile Wasser festgehalten werden.

Selbstverständlich giebt es gewöhnliches Torfmull von höherer sowohl als niederer Leistungsfähigkeit. Die höchsten Leistungen hat das aus sogen. Moostorf hergestellte Torfmull aufzuweisen. Aber auch bei diesem bestehen, je nach der Tiefenlage der Schicht, aus welcher das Material entnommen, und nach den Pflanzenarten, aus welchen der Moostorf gebildet ward, beträchtliche Unterschiede; hauptsächlich bestimmend ist aber der Zersetzungszustand, in welchem sich die Masse befindet. Nach Ermittelungen von Fleischer (Vogel, a. a. O.) wiegt 1 cbm mit Wasser gesättigter Moostorf 500—1000 kg; es sind darin aber nur 50—140 kg feste Masse = 10—15 % des Gesamtgewichts und 85—95 % Wasser enthalten. Entsprechend ist das Volumen der Trockenmasse, welches aus 1 cbm wassergesättigter Torfmasse besteht, sehr verschieden; es kann zwischen 16 und 50 % wechseln. Aehnlich wechselnd sind die Unterschiede in dem Wasseraufsaugungsvermögen der Trockenmasse des Moostorfs; dasselbe geht von 4—24. Die Durchschnittszahl aus 35 Proben verschiedener Herkunft ist 11,5. Rechnet man mit 20—33 % Wassergehalt, so würde sich diese Zahl auf 7,7—9,2 ermäßigen.

Man erkennt aus den mitgeteilten Unterschieden zunächst, welch hohen Einfluß die Herkunft und die Sorgfalt in der Fabrikationsweise des Torfmulls auf dessen Leistungsfähigkeit ausüben, und wie sehr eine besondere Vorsicht in der Wahl des Bezugsortes geboten ist. Freilich sind dabei auch, wenn verschiedene Bezugsquellen zu Gebote stehen, die Unterschiede in den Preisen und den Transportkosten zu berücksichtigen.

Es ersieht sich ferner, daß für den Bedarf an Torfmull in einem gegebenen Falle nicht eine einzige Zahl normgebend sein kann. Doch wird der notwendig zu machende Unterschied beim Gebrauch dadurch wieder mehr oder weniger ausgeglichen, daß nicht in allen Fällen ein gleich hoher Trockenheitszustand der mit Torfmull versetzten Absonderungen erzielt zu werden braucht, und auch nicht erzielt werden kann, letzteres nicht, weil die Zuführungsweise — von Hand oder durch mechanische Einrichtung — sehr mitspricht. Wird ein möglichst vollkommener und gleichmäßiger Trockenheitszustand der Mischung angestrebt, so würde der Torfmullbedarf für die Aufnahme der in den Jahresabsonderungen einer Person enthaltenen Wassermenge 455,7 kg (S. 161), je nach der Beschaffenheit des Torfmulls $\frac{455,7}{4,5} = 100$ kg, bezw. $\frac{455,7}{9,2} = 50$ kg sein. Bei geringeren Ansprüchen ermäßigt sich die Menge in entsprechendem Verhältnis. Vogel (a. a. O.) giebt 30—40 kg als Jahresbedarf für eine Person an. Doch setzt diese Zahl wohl beste Beschaffenheit des Materials voraus, und würde bei geringerer Ware auf etwa das $1\frac{1}{2}$—2fache zu erhöhen sein, zumal gewisse Verluste berücksichtigt werden müssen.

Für 500 Torfmullklosetts, welche in öffentlichen Gebäuden Braunschweigs (Krankenhaus, Schulen, Kasernen, Gerichtsgebäuden u. s. w.) bestanden, belief sich der Jahresbedarf an Torfmull auf 190000 kg, d. i. für 1 Klosett auf 380 kg. Dies erscheint als ein sehr mäßiger Satz.

Im gleichen Verhältnis wie der Zusatz an Torfmull tritt Vermehrung der Transportmassen ein und muß Lagerraum für das Torfmull vorhanden sein. Daraus ergeben sich gewisse Beschränkungen in der Anwendbarkeit der Torfmullklosetts. In vielgeschossigen Häusern, wo Zuführung und Abführung der Massen auf längeren Wegen, und durch das Innere des Hauses über Treppen geschehen müßte, erscheint das Torfmullklosett nicht gebrauchsfähig, ohne unerträgliche Mißstände herbeizuführen, wenn man selbst eine gewisse, nicht große Geruchsbelästigung einfach hinnehmen wollte. Dagegen ist das Torfmullklosett in kleineren, von nur einer oder ein paar Familien bewohnten Häusern durchaus an seinem Platze und verdient hier weitaus den Vorzug, sowohl vor dem Gruben- als dem Tonnensystem, vor letzterem wegen der geringen Gefahr der Ausbreitung von Gerüchen und von Infektionskeimen, der leichteren Aufstellbarkeit des Klosetts und der leichteren Hantierbarkeit der abzuführenden Massen. Da in kleineren und selbst mittleren Städten die Häusergröße in der Regel beschränkt ist, verdient für solche das Torfmullklosett Empfehlung; eine gewisse Grenze in der Stadtgröße, etwa nach der Einwohnerzahl zu ziehen, ist aber nicht angängig, weil viel auf die Besonderheiten der Bauweise der Stadt und der Häuser ankommt.

Die Verwendung von Torfmullklosetts genügt in ziemlich ausreichendem Maße den sogen. „ästhetischen“ Anforderungen. Denn der feste Teil der Absonderungen wird von dem Torfmull eingehüllt und so dem Anstoß erregenden Anblick entzogen; der Harn wird alsbald aufgesaugt. Zwar ist Torfmull nicht im stande, der Fäulnis der Absonderungen Einhalt zu thun. Allein er hat die Fähigkeit, die dabei entstehenden Gerüche, insbesondere von Schwefelwasserstoff zu binden. Von kalkfreiem Torfmull wird auch Ammoniak gebunden. Es wird dadurch gleichzeitig die Erhaltung der gebundenen Stoffe als Dungmittel gesichert. Entsprechend ist beim Torfstuhldünger Zusammensetzung und Wert anders, als bei dem in Gruben und Tonnen gewonnenen Dünger. Vogel giebt (a. a. O.) folgende Durchschnittszahlen, wobei allerdings darauf hingewiesen werden muß, daß direkte Vergleiche insofern an einer gewissen Ungenauigkeit leiden, als es sich bei den in den drei Düngergattungen (S. 236 und 237) vorliegenden Proben nicht um Dünger derselben Herkunft handelt.

Wasser	82,61 %
Trockengehalt	17,39 „
Darin:	
Organische Substanz	12,97 „
Gesamtstickstoff	0,69 „
Ammoniakstickstoff	0,26 „
Phosphorsäure	0,33 „
Kali	0,28 „
Asche	0,58 „

Die Nutzung der mit Torfmull versetzten Absonderungen ist aber nicht auf die Verwertung als Dungmittel beschränkt. Es liegen Vorschläge und Versuche vor, das Gemisch auf Brennmaterial zu verarbeiten. Um dasselbe hochwertiger zu machen, könne demselben Kohlenpulver beigemengt werden. Bis jetzt scheint diese Nutzungsweise aber noch keinen nennenswerten Umfang erreicht zu haben.

Torfmull für sich besitzt im allgemeinen nicht die Eigenschaft mikroskopisches Leben zu vernichten, wie man früher gewöhnlich angenommen hat. Es ist möglich, daß diese Eigenschaft zuweilen vorhanden ist, sicher aber, daß sie alsbald verloren

geht, sobald Torfmull mit menschlichen Absonderungen vermischt wird; es tritt alsdann sogar ein reiches mikroskopisches Leben auf. Diese Eigentümlichkeiten haben bis in die neueste Zeit hinein zu den verschiedensten Beurteilungen des Torfmulls vom gesundheitlichen Standpunkte aus Anlaß gegeben. Durch die Entdeckung Pfeiffers und spätere Feststellungen mehrerer anderer Forscher*), daß Torfmull durch einen Zusatz starker mineralischer Säuren zu einem sichern Desinfektionsmittel gemacht werden kann, ist die bisherige Verschiedenheit der Ansichten beseitigt worden. Das Torfmull wird mit Schwefelsäure oder Salzsäure oder Phosphorsäure einfach getränkt. Da der Zusatz als freie Säure im Phosphor bestehen bleibt, ist beim Umgehen mit dem gesäuerten Torfmull eine gewisse Vorsicht nötig, wenn auch der Säurezusatz nur klein ist, da 2—3 Gewichtsteile auf 100 Gewichtsteile Torfmull genügen. Aus verschiedenen Gründen empfiehlt sich die Benutzung von Schwefelsäure am meisten. Der Zusatz muß indessen schon in der Torfmullfabrik ausgeführt werden, da nur hier die erforderliche Gleichmäßigkeit der Durchmischung erzielt werden kann.

Ein Widerstreit der Ansichten besteht zur Zeit noch darüber, ob gesäuertes Torfmull regelmäßig oder nur ausnahmsweise — in Zeiten von Epidemieen — angewandt werden soll? Vom Standpunkte der Prophylaxe wird man der steten Verwendung den Vorzug zu geben haben. Die Vertreter der Landwirtschaft wollen gesäuertes Torfmull aber nur ausnahmsweise angewendet wissen, weil mit der Ansäuerung gewisse Veränderungen des Düngerwertes des Klosettinhalts verbunden sind, dieser auch viel „massiger“ wird. Die Säure vernichtet auch diejenigen Mikroben, durch deren Thätigkeit die stickstoffhaltige Substanz zum Zerfallen gebracht wird und sie bindet chemisch einen Teil des vorhandenen Ammoniaks. Es genüge, in jedem Ort für Fälle des Auftretens von Epidemieen einige Ballen angesäuertes Torfmull stets in Bereitschaft zu haben. Ob diese Vorsichtsmaßregel an allen Stellen ausreicht, kann zweifelhaft sein; sie setzt eine Sorgfalt gewisser Personen, eine weitergehende Solidarität der Interessen voraus, als auf welche gewöhnlich nur gerechnet werden kann.

§ 149. Zur gesonderten Sammlung von Harn kommen Einrichtungen in Wohnhäusern selten vor; dieselben sind aber eine Notwendigkeit überall da, wo zeitweilig größere Menschenmassen zusammentreffen, auch auf Straßen und öffentlichen Plätzen größerer Städte. Die Aufsaugung des Harns durch Torfmull oder Aetzkalk kann den Anforderungen der Gesundheitspflege nicht leicht genügen; besser werden die letzteren bei Wasserspülung erfüllt. Diese Einrichtung setzt aber das Bestehen eines unterirdischen Abflusses in eine Kanalisationsleitung, oder in eine sogen. nasse Grube voraus. Wie im folgenden Paragraphen nachgewiesen wird, ist die Benutzung nasser Gruben fast immer hoch bedenklich.

Die Wasserspülung kann entweder ganz ungeregelt erfolgen oder dauernd, oder in regelmäßigen Zeitabständen mit abgemessenen Wassermengen. Die dauernde Spülung ist grundsätzlich im Vorzuge, fordert aber sehr große Wassermengen: für 1 Stunde und Stand 100—200 l. Ihre Anwendbarkeit ist daher eingeschränkt; zudem muß mit der Frostgefahr gerechnet werden. Durch die zeitweilige Spülung kann man sowohl den Wasserverbrauch als auch die Frostgefahr erheblich vermindern. Indem bei der Spülwirkung es wesentlich auf die Menge des Wassers ankommt, kann eine, in nicht zu langen Zwischenräumen erfolgende Spülung mit einer gewissen, nicht zu kleinen Wassermenge bessere Ergebnisse liefern, als

*) Die keimtödtende Wirkung des Torfmulls; vier Gutachten von Prof. Dr. Stutzer, Prof. Dr. Gärtner, Prof. Dr. Fränkel, Prof. Dr. Löffler, in Arbeiten der deutschen Landwirtschaftsgesellschaft. Heft 1. Berlin 1894.

eine dauernde Spülung mit geringem Wasserverbrauch. Der oft ausgesprochenen allgemeinen Verurteilung der unterbrochenen Spülung fehlt daher die Begründung. Die Güte der ungeregelten Spülweise hängt aber ganz von der Sorgfalt ab, mit der dieselbe betrieben wird; gewöhnlich wird die Leistung sehr mangelhaft ausgeführt.

Die Auffangevorrichtungen des Harns müssen möglichst glatte, für Nässe undurchdringliche Flächen bieten; danach sind Holz und Mauerwerk, auch Teerpappe ungeeignet, besser einigermaßen brauchbar Putz- und Asphaltbezüge, am besten jedoch Glastafeln, Schiefer- oder Marmorplatten. Zu Becken, welche immer im Vorzuge sind, empfiehlt sich emailliertes Eisen, auch glasiertes Steinzeug; am besten ist jedoch Porzellan oder gute Fayence. Neuerdings kommen Becken mit teilweise hohler Wand vor, deren Hohlraum mit Oel gefüllt ist, das durch die Masse zur Oberfläche tritt und hier einen fettigen, isolierenden Ueberzug herstellt. Die Abflußleitung muß mit Wasserschluß versehen werden. In den sogen. Oelpissoiren schwimmt auf der Oberfläche des Wasserschlusses eine Oelschicht, welche den Zweck hat, den Durchtritt übel riechender Gase, wie auch das Verdunsten des Wasserschlusses wirksamer zu verhindern.

Peinlichste Sauberkeit und Vermeidung von allem, was derselben zuwiderläuft, in allen konstruktiven Einrichtungen, desgleichen ausreichende Rücksicht auf die Anforderungen der guten Sitte sind bei Pissoiranlagen bis in jede Einzelnheit hinein festzuhalten. Daneben ist für gute Beleuchtung und einen besonders ausgiebigen Luftwechsel zu sorgen, da der rasch der Fäulnis verfallende Harn große Mengen übler Gerüche erzeugt.

§ 150. Von dem Gesamtvolumen der Jahresabsonderung, zu 471,8 l (S. 161), entfallen 426,4 l, fast 90 %, auf den Harn und nur 45,4 l, etwa 10 %, auf die festen Teile. Wenn der trockene Zustand in mehrerer Beziehung vorteilhaft ist: die Aufbewahrung und den Transport erleichtert, sowie der Ausbreitung gesundheitlicher Schädlichkeiten entgegenwirkt, so sind Einrichtungen gut begründet, welche darauf hinausgehen, beide Teile zu sondern und für Sammlung und Fortschaffung gesonderte Einrichtungen zu treffen. Hierbei handelt es sich in den mit Trennvorrichtungen ausgestatteten Abortsanlagen.

Die Sonderung kann sowohl unmittelbar nach der Entleerung erfolgen, als auch erst nach der gemeinsamen Sammlung in einer Grube, oder in einem beweglichen Behälter. Bei beiden Anordnungen ist die Sonderung nicht scharf; vielmehr wird immer ein gewisser Teil des Harns den festen Teilen sich beimischen, bezw. denselben beigemischt bleiben, am meisten aber wenn die Sonderung erst nachträglich erfolgt. Daher sind die Einrichtungen zur „unmittelbaren“ Sonderung grundsätzlich im Vorzuge. Besonders fällt dabei die viel größere gesundheitliche Bedenklichkeit des Harns ins Gewicht. Denn der Harn geht viel rascher in Fäulnis über als die festen Absonderungen, und aus ihm entwickeln sich große Mengen Schwefelwasserstoff, Ammoniak und andre übel riechende Stickstoffverbindungen. Es können ferner durch Verspritzen u. s. w. Schädlichkeiten aus flüssigen Stoffen viel leichter in Boden, Luft und zu Gegenständen aller Art verbreitet werden als aus relativ festen Stoffen, an denen sie kleben oder in deren Masse sie eingeschlossen sind. Es werden endlich für den Harn die Gelegenheiten, ihn irgendwie unterzubringen, oder auch landwirtschaftlich zu nutzen, reichlicher vorhanden sein als die Gelegenheiten zur Unterbringung oder Nutzung des festen Teils der Absonderungen.

Anders kann es indessen um die Lösung der Aufgabe der Sammlung und Fortschaffung des Harns stehen. Früher wurde der Harn in der Regel so entfernt, daß man denselben aus den Gruben bei Erreichung einer gewissen Höhenlage des

Spiegels austreten und in die Straßenrinnen, oder in ein nahes Gewässer ablaufen ließ; auch heute noch ist dies Verfahren in vielen Städten das übliche. Mit noch mehr Grund aber als man den Abfluß von Küchenwassern in Straßenrinnen und offene Gewässer für bedenklich hält und unter Verbot stellt, muß der Einlaß von Harn in dieselben als bedenklich angesehen und verhindert werden. Wenn das geschieht und — wie hier vorausgesetzt wird — eine unterirdische Entwässerungsanlage nicht besteht, bleibt ein Anderes nicht übrig, als den Harn in Gruben oder beweglichen Behältern zu sammeln und in mehr oder weniger langen Zwischenräumen fortzuschaffen.

Die Sachlage ist günstig, wenn derselbe in unmittelbarer Nähe auf dem Wohnhausgrundstück Verwendung finden kann. Doch muß das Grundstück genügende Größe besitzen, um die Massen nicht nur überhaupt, sondern auch zu jeder Jahreszeit aufnehmen zu können. Um dem Boden nicht die Fähigkeit zur dauernden Verarbeitung der zugeführten Schmutzstoffe zu rauben (vergl. unter Bodenverunreinigung, S. 72 ff.), müssen pro Kopf wenigstens 200 qm Bodenfläche zur Verfügung stehen. Die Begründung dieser Zahl folgt weiterhin. Aber selbst bei ausreichender Grundstücksgröße können für die Unterbringung des Harns zu gewissen Zeiten Schwierigkeiten entstehen: sowohl im Sommer, wenn der Stand der Früchte, oder besondere Nässe die Aufbringung verhindert, als im Winter, während langer Frostperioden.

Können die hier berührten Schwierigkeiten einen gewissen Umfang erreichen, so bleibt nichts übrig, als Einrichtungen zur Desinfektion der flüssigen Massen zu treffen und dieselben in desinfiziertem Zustande den Straßenrinnen oder einem in der Nähe befindlichen Gewässer zu überweisen. Bei der Unverläßlichkeit indes auf eine ordnungsmäßige Ausführung der Desinfektion hat auch dieses Verfahren seine Bedenken und findet die Gesundheitspolizei Anlaß zum Einschreiten. Jedenfalls bieten nur zentrale, selbständig arbeitende Reinigungsanlagen einige Gewähr dafür, daß ein gewisser Reinheitszustand der dem Desinfektionsverfahren unterworfenen Flüssigkeiten auch wirklich erreicht wird.

Fehlt die Möglichkeit, den Harn auf dem Wohnungsgrundstück unterzubringen, so ist Abtransport in größere Entfernung notwendig, die nur zu Wagen erfolgen kann. Es werden alsdann entweder bewegliche Behälter, die gleichzeitig zum Transport dienen, benutzt, oder Gruben, aus denen der Harn gefördert werden muß. Ersichtlich ist der erstangeführte Modus der vollkommenere.

Zur Sammlung von Flüssigkeiten sind gemauerte Gruben nur schwer mit völlig dichten Umschließungen herzustellen, um so weniger, wenn es sich um Harn handelt, durch dessen Ammoniak- und Säurengehalt Mauerwerk angegriffen wird. Es muß mit der Gefahr des Ueberlaufens der gefüllten Grube gerechnet werden, und die Entleerung derselben giebt Gelegenheit zur Ausbreitung gesundheitlicher Schädlichkeiten. Endlich verursacht bei den beträchtlichen Mengen, um die es sich handelt, die Abfuhr sehr erhebliche Kosten. Das Bestehen von Gruben mit nassem Inhalt ist daher oft einer dauernden Verlegenheit gleich zu achten. Dem entsprechend pflegen allerhand Mißbräuche einzureißen, gegen die auch polizeiliches Einschreiten unwirksam ist. Wenn eine öffentliche unterirdische Entwässerungsleitung, sei es für Regen- oder Küchenwasserableitung, besteht, so stellen die Grubeneigentümer heimlich einen Anschluß an diese Leitung her, und wo die Entwässerung der Straßen durch Rinnen stattfindet, leiten sie dauernd oder zeitweilig Grubeninhalt in die Rinnen ab; ebenso werden wider Verbot offene Gewässer zur Vorflut benutzt. Im Winter läßt man da, wo überhaupt die Möglichkeit besteht, die faulende Flüssigkeit frei austreten. Bedenklicher noch als alle genannten Unzukömmlichkeiten ist das Auskunftsmittel, die Grubenumschließung durchlässig

zu machen, indem die Sohle entweder unbedeckt gelassen wird, oder die Wände mit offenen Stoßfugen gemauert, oder in dieselben unter Geländehöhe nachträglich Löcher eingebrochen werden. Der Grubeninhalt versickert alsdann ins Erdreich, verunreinigt dies und versetzt das Wasser in der Nähe befindlicher Brunnen in die Gefahr infiziert zu werden. Als ein relativ vielleicht günstiger Ausweg kann der angesehen werden, daß man den Grubeninhalt durch Rohrstränge mit offenen Fugen unterirdisch auf eine größere Bodenmenge verteilt und einsickern läßt. Allein auch dies Verfahren ist nicht leicht zu gestatten, weil die Flüssigkeit meist schon auf kurzem Wege aus den Rohrleitungen verschwindet und daher die vorausgesetzte gleichförmige Verteilung im Boden nicht stattfindet, vielmehr eine Uebersättigung der in der Nähe der Grube liegenden Bodenteile sich ergiebt.

Ein Aushilfsmittel, das bisher aber nicht oft angewendet ist, besteht darin, den Harn durch Torfmull, Sägespähne oder gepulverten Aetzkalk aufsaugen zu lassen. Die Kalkmengen, welche man bedarf, sind aber sehr groß, und ob die Masse, welche man erhält, eine ausreichende Verwertbarkeit besitzt, ist noch nicht erprobt. Wenn aber Torfmull benutzt wird, so scheint es „prinzipiell" richtiger, auf die Absonderung des Harns zu verzichten und beide Arten der Absonderungen gemeinsam zu behandeln; jedenfalls ist dies Verfahren das einfachere.

§ 151. Was im vorhergehenden Paragraphen mit Bezug auf die Sammlung und Beseitigung des Harns ausgeführt worden ist, gilt im ungefähren von allen Gruben mit nassem, schmutzigem Inhalt, also auch solchen, in denen entweder nur Küchenwasser oder Küchenwasser mit Dachwasser gemeinsam gesammelt werden. In beiden Fällen handelt es sich um faulende Massen. Ist bei der Mitaufnahme von Regenwasser auch die Konzentration weniger stark, so wird auf der andern Seite durch die größere Dünnflüssigkeit auch der verbotwidrige Austritt durch die Umschließungen der Grube gefördert.

Hingegen steht nichts im Wege, Dachwasser in besonderen Gruben zu sammeln und dasselbe durch Boden und Wandungen derselben, oder durch unterirdische Rohrleitungen im Erdreich versickern zu lassen. Die gesonderte Sammlung empfiehlt sich um so mehr, als dabei die Ungewißheiten über die notwendige Grubengröße in Fortfall kommen, die aus der Unsicherheit über die zu erwartenden Mengen des Dachwassers sich ergeben.

§ 152. Ein Vergleich zwischen dem Gruben-, Tonnen- und Streuklosettsystem ergiebt etwa folgendes:

Das Grubensystem ist in der Anlage billig, auch im Betriebe vergleichsweise nicht teuer. Die Lage der Grube bringt indes leicht Schwierigkeiten mit sich, wenn verlangt wird, daß die Abortzellen im Hause liegen, und eine gute Lüftung der Grube stattfinden soll. Denn es ist dringend zu widerraten, die Grube innerhalb des Gebäudeumfangs anzulegen, weil dabei die Gefahr der Verbreitung von üblen Gerüchen schwer zu vermeiden ist. Legt man die Gruben aber außerhalb des Gebäudeumfangs an, so wird es oft schwer sein, warme Rohre, die in inneren Wänden liegen, zur Grubenlüftung zu benutzen, und es erhalten auch die Fallrohre leicht eine für Reinhaltung, Frostschutz, Erwärmung ungünstige Lage. Gewöhnlich wird man in solchem Falle künstliche Luftungseinrichtungen treffen müssen, die entweder kostspielig oder unzuverlässig in der Wirkung sind. Nasse Gruben innerhalb des Gebäudeumfangs anzuordnen, ist wegen der unter allen Umständen zu fürchtenden Undichtigkeit jedenfalls unzulässig. Aber auch Gruben, welche feste und flüssige Absonderungen gemeinsam aufzunehmen haben, sind nur schwer wasserdicht herzustellen, bezw. in

wasserdichtem Zustande zu erhalten, so daß auch bei ihnen mit der Gefahr von Bodenverunreinigungen zu rechnen ist. Relative Sicherheit dagegen bieten Gruben, welche nur den festen Teil der Absonderungen aufzunehmen haben; zudem hat die Auffindung einer passenden Lage für solche Gruben wegen ihres nur kleinen Raumbedarfs geringere Schwierigkeiten. Endlich kann bei solchen Gruben unter Umständen auf Luftwechsel verzichtet und statt desselben dichter Abschluß gegen die Außenluft eingerichtet werden.

Damit nicht gegenseitige Einwirkung bei Anschluß mehrerer Abortzellen an eine einzige Grube stattfindet, würde es zweckmäßig sein, für jede Abortzelle eine besondere Grube anzulegen. Dies ist, wenn man auf Lage der Abortzelle im Hause besteht, nur bei kleinen, von ein paar Familien bewohnten Häusern möglich, nicht bei großen Miethäusern.

Andre Schwierigkeiten kann die Lage von Gruben dann bieten, wenn die Wasserversorgung des Hauses mittelst Einzelbrunnen erfolgt. Von Brunnen müssen Gruben notwendig um ein gewisses Stück entfernt bleiben; wieviel läßt sich allerdings nicht durch eine einzige Zahl angeben. Sind die Brunnen tief, dichtwandig und sicher abgedeckt, stehen dieselben auch in gut filtrierendem Boden, so mag ein Abstand von ein paar Metern genügen; in andern Fällen werden selbst 10 m und darüber unzureichend sein.

Gesundheitliche Gefahren verschiedener Art, die auch an die Räumungsweise der Gruben und den Verbleib des Inhalts in der Nähe anknüpfen können, bringen Gruben insbesondere dann, wenn die Einrichtung Sache der einzelnen Eigentümer ist und nicht im ganzen Umfange des Stadtgebiets, oder dem betreffenden Teil desselben unter polizeiliche Ordnung und Aufsicht gestellt wird. Es müssen Vorschriften über den Kleinst- sowohl als Größtinhalt der Gruben, über deren Lage, Konstruktion und Räumungsweise, sowie über Lüftungseinrichtungen getroffen werden. Keine Grube darf vor Erprobung durch Wasserfüllung in Benutzung genommen werden. Das Einwerfen von Gegenständen, welche für die Räumung hinderlich sein können, das Einschütten von Schmutzwasser u. s. w. ist zu verbieten. Die Entleerung der Gruben muß der Einwirkung des Eigentümers gänzlich entzogen sein und in bestimmten Zeitabständen erfolgen, einerlei, ob die Gruben ganz oder erst teilweise gefüllt sind. Für die Entleerung sind bestimmte Geräte und bestimmte Tageszeiten festzusetzen. In ersterer Hinsicht ist der Gebrauch von fahrbaren Behältern und Pumpen vorzuschreiben (sogen. geruchlose Räumung), in letzterer Hinsicht, behufs Erleichterung der Kontrolle und zur Fernhaltung nächtlicher Ruhestörungen, zu fordern, daß die Entleerung in den Tagesstunden erfolge. Die Unternehmer der Räumungsarbeit sind zu verpflichten, von Störungen oder Schäden, welche sie an den Einrichtungen wahrnehmen, der Polizeibehörde Anzeige zu erstatten. Die Erfüllung aller Gebote und Verbote ist durch Verhängung strenger Strafen sicher zu stellen. Um Ablagerung der Grubenmassen an ungehörigen Orten zu verhindern, sind Abladestellen von der Gemeinde zu beschaffen. Ablagerungen an andern Orten ohne besondere Erlaubnis sind bei strenger Strafe zu verbieten, auch die Zufuhrwege genau vorzuschreiben. Gewisse Vereinfachungen treten ein, wenn als Abfuhrunternehmer sich Landwirte finden, welche die Massen unmittelbar auf Aecker in der weiteren Umgebung des Ortes schaffen.

Von Schleh ist eine verbesserte Grubeneinrichtung unter dem Namen Fäkalreservoir angegeben worden. Bezweckt wird, die übel riechenden Gase zu binden. Dieselben werden durch ein Rohr zu Gefäßen geführt, in welchen zur Bindung von Schwefelwasserstoff und Ammoniak Eisenvitriol, und zur Bindung von Fettsäuren Schwefelsäure dient. Lüftungs- und Leerungsweise — letztere mittelst Schlauch und Pumpen — bleiben wie bei den gewöhnlichen Enrichtungen. Zweifellos handelt es

sich bei der Schleh'schen Konstruktion im Vergleich zu der gewöhnlichen Grubeneinrichtung um eine wesentliche gesundheitliche Verbesserung.

Tonnen- und Kübelsystem sind bei dem großen Bedarf an Behältern — mindestens der dreifachen Zahl der Abortsitze — teuer in der Einrichtung, auch bei der Häufigkeit, mit welcher der Transport stattfindet, bei dem Transport nicht gefüllter Tonnen, und dem Mittransport der „toten Masse" der Kübel und Tonnen, notwendig auch im Betriebe teuer. Eine weitere Vermehrung der Betriebskosten ergiebt sich durch die Notwendigkeit der Reinigung (bezw. Desinfektion) der Kübel oder Tonnen nach dem jedesmaligen Transport. Es muß hierzu, sowie zur Aufbewahrung und Reparatur der nicht gerade im Dienst befindlichen Kübel und Tonnen eine besondere, ziemlich geräumige und entsprechend eingerichtete Anstalt vorhanden sein. Endlich ist für die vielfachen und zahlreichen Verrichtungen ein großes Personal notwendig.

Anlage und Betriebsführung fordern eine straffe Organisation, deren Träger entweder die Gemeinde sein kann, oder ein Unternehmer; im letzteren Falle ist sorgfältige Aufsicht der Polizei auf den Betrieb notwendig. Die Abfuhr der Tonnen oder Kübel muß unabhängig von dem Willen der Hauseigentümer in regelmäßigen Zeiträumen geschehen, einerlei, ob die Tonnen gefüllt sind oder nicht. Hauseigentümer mit einem Landbesitz von einigen Hektaren pflegen vom Abfuhrzwange befreit zu werden; das ist aber eine vom gesundheitlichen Standpunkte aus mindestens unerwünschte Abweichung. Vom gesundheitlichen sowohl als wirtschaftlichen Gesichtspunkte aus ist es am günstigsten, wenn der Tonnen- oder Kübelinhalt unmittelbar auf die Aecker in der Umgebung der Stadt verbracht werden kann; doch wird auch dabei vorübergehende Aufsammelung in Behältern nicht zu vermeiden sein, weil zu gewissen Jahreszeiten die Möglichkeit der unmittelbaren Aufbringung der Massen auf dem Acker fehlt. Die Sammeleinrichtungen nehmen aber einen entsprechend größeren Umfang an, wenn unmittelbare Zuführung zu den Aeckern unthunlich ist und „alles" einer Zentralstation zugeführt werden muß, an der Aufbewahrung und „Verarbeitung" in dieser oder jener Weise erfolgt. Von solchen Zentralstationen werden in der Regel leicht gesundheitliche Gefahren, und mehr oder weniger schwere Geruchsbelästigungen der Umgebung ausgehen, in welcher Hinsicht aber eine sorgfältige Auswahl des Platzes, die auf vorherrschende Windrichtung, Höhenlage, Bodenbeschaffenheit, etwaige Nähe eines offenen Gewässers, Abgelegenheit des Orts u. s. w. acht zu geben hat, sowie eine scharfe Ueberwachung der Betriebsführung Vieles wirken kann. — Beim Kübelsystem sollte Entleerung und Transport der Massen in Wagen nicht geduldet werden, weil diesem Modus sowohl schwere gesundheitliche Bedenken entgegenstehen, als weil derselbe auch Geruchsbelästigungen mit sich bringt und der guten Sitte widerspricht. Ebensowenig darf Transport in offenen Kübeln gestattet sein; vielmehr sind die Kübel nur geschlossen zu transportieren. Auch die offene Aufstellung der Kübel unter den Abortsitzen muß wenigstens für das Innere der Häuser unter Verbot gestellt werden. Fordert man überhaupt jederzeitigen Verschluß der Kübel, wie es geschehen sollte, so ist der Unterschied zwischen Kübel- und Tonnensystem aufgehoben. Sind dann die Behälter in Räumen aufgestellt, welche mit dem Hausinnern keine Verbindung — außer durch das Zuführungsrohr haben, ist für gute Lüftung des Behälterraums, zweckmäßige Konstruktion und bequemen Anschluß desselben an die Straße gesorgt, ist die Verbindung zwischen Fallrohr und Tonne dicht und besteht ein guter Wasserverschluß zwischen Abort und Tonne, so kann das System vom gesundheitlichen Standpunkte einwandfrei sein. Einen Vorzug besitzt dasselbe darin, daß in Zeiten von Seuchen leicht eine Desinfektion des Tonneninhalts ins Werk zu setzen ist, in Fällen, wo Isolierung besonders wichtig ist, dies oder jenes Grundstück zeitweilig ganz aus-

geschaltet werden kann. Eine Bequemlichkeit bietet das Tonnensystem insofern, als dasselbe auch zur Mitaufnahme der Küchenwasser geeignet ist; doch wird dann die Häufigkeit der Abholung der Tonnen sehr groß und tritt eine entsprechende Vermehrung der Betriebskosten ein, ohne daß Sicherheit gegen zeitweiliges Ueberlaufen der Tonnen oder Einfrieren derselben gegeben ist. Wo zentrale Wasserleitung besteht, daher der Wasserverbrauch ein hoher ist, kann die Benutzung der Tonnen zur Aufnahme der Küchenwasser kaum geduldet werden. Da mißbräuchlicherweise die Tonnen auch oft zum Einschütten von Kehricht und andern „lästigen Dingen" benutzt werden, ist es fast notwendig, mit der Einrichtung des Tonnensystems gleichzeitig auch eine Regelung des Mullabfuhrwesens ins Werk zu setzen.

Die Auswechslung der Tonnen kann sowohl bei Tage als bei Nacht geschehen. Die Häufigkeit derselben bringt aber bei nächtlicher Ausführung des Geschäfts eine öftere Störung der Hausbewohner mit sich. Immer findet eine gewisse größere Belastung des Straßenverkehrs statt. Aus diesen Gründen ist das Tonnensystem für größere, dicht bebaute Städte kaum noch geeignet, doch wird es auch in mehreren Städten von nahezu 100000 Einwohnern angetroffen.

Die Erfahrung lehrt, daß nur unter besonders begünstigenden Umständen Anlage und Betriebskosten des Tonnensystems sich in mäßigen Grenzen halten, vielmehr das System in der Regel höhere Kosten als irgend ein andres Abfuhrsystem mit sich bringen wird, daß der Ertrag aus der Düngerverwertung nur einen Bruchteil der Kosten deckt. Da von diesen Kosten nur ein Teil unmittelbar auf die Schultern der Eigentümer fällt, ein andrer Teil seine Deckung in Zuschüssen aus dem Stadtsäckel findet, ist es nicht möglich, über den wirklichen Betrag der Kosten ins klare zu kommen; daher sind die betreffenden Litteraturangaben, in welchen gewöhnlich dies oder jenes im dunkeln bleibt, mit Vorsicht aufzunehmen. — Ein vielfach wiederkehrender Kostensatz pro Kopf und Jahr sind 10—12 Mark. Wenn aber wöchentlich oder noch öfter Auswechslung der Tonnen stattfindet, wird dieser Betrag noch überschritten; übrigens hängt derselbe in hohem Grade von der Stadtgröße ab.

Von den Streuklosetts scheiden das Erd- und Aschenklosett wegen der Besonderheit der Umstände, die Voraussetzung ihrer Anwendbarkeit sind, fast aus. Daß sie unter einfachen Verhältnissen, sowohl in gesundheitlicher als wirtschaftlicher Hinsicht, einwandfrei sein können, leidet aber keinen Zweifel. Am besten werden sie da am Platze sein, wo der Klosettinhalt unmittelbar zum Gartenbaubetriebe benutzt werden kann, also z. B. in Straßen am Umfange einer größeren Stadt und in Vororten derselben, wo Gartenkultur intensiv betrieben wird.

Torfmullklosetts sind weitaus im Vorzuge vor den beiden genannten andern Arten. Ihre Aufstellung an geeigneten Stellen im Hause, Einrichtungen zur Lüftung und Geruchloshaltung sind unschwer zu bewirken. Gewisse gesundheitliche Gefahren können mit dem Transport des Inhalts, wenn dieser über Treppen und in offenen Ladungen über Straßen erfolgt, verbunden sein, indem Verstreuen von Teilen und Verwehen von nicht völlig durchfeuchtetem Torfmull möglich ist. Hiergegen kann indes durch Sorgfalt in den Hantierungen, Benutzung schließbarer Kübel und Wagen wohl ausreichend vorgekehrt werden. Ebenfalls bleibt es möglich, daß bei nicht rechtzeitiger Leerung der Behälter Verbreitung von gefahrdrohenden Agentien stattfindet. Weiter ist mit der Möglichkeit zu rechnen, daß der Bedarf an Torfmull nicht immer rechtzeitig zur Stelle ist und dann unzureichend oder gar nicht „gestreut" wird. Wenn man alle diese Möglichkeiten in Betracht zieht, so ersieht sich, daß strenge Ordnung in diesen Dingen nur durch Schaffung einer sich über ein größeres Gebiet erstreckenden Organisation erzielbar ist, daß also die Aufgabe den Händen der Gemeindeverwaltung anvertraut und durch Strafandrohungen Sicher-

heit für einen ordnungsmäßigen Betrieb geschaffen werden muß. In den Händen einer Zentralstelle müssen liegen: Erlaß von Vorschriften über Gleichmäßigkeit der ganzen Aborteinrichtung, besonders der Kübel- und der Streueinrichtung; Bestimmungen über die Zeiten der Entleerung und die Transportweise, wodurch diese dem Willen der Hauseigentümer ganz entzogen wird; Beschaffung und Verabfolgung des Torfmulls an die einzelnen Eigentümer; Festsetzung gewisser Kleinstmengen von Torfmull, die auf jedem Grundstück ständig in Vorrat gehalten werden müssen; laufende Kontrolle über die ordnungsmäßige Beschaffenheit des Aborts.

Die Bestreuung kann auf zweierlei Weise geschehen: von Hand oder durch einen mechanischen Apparat, der entweder selbstthätig in Wirksamkeit tritt, oder besonders in Thätigkeit gesetzt werden muß. Das Bestreuen von Hand bietet keine ausreichende Sicherheit für ordnungsmäßige Ausführung an allen Stellen; es sind daher mechanische Streueinrichtungen zu fordern. Von beiden Arten derselben giebt es sicher wirkende Konstruktionen; die selbstthätigen, wenn gut ausgeführt und in stand gehalten, sind vorzuziehen.

Bei allerseits vollkommener Einrichtung ist das Torfmullklosett, vom gesundheitlichen Standpunkt beurteilt, gut. Aehnlich lautet das Urteil vom wirtschaftlichen Gesichtspunkte aus: Der Dünger ist wertvoll, unschwer transportierbar, selbst auf weite Entferungen, und es kann für denselben ein Preis erzielt werden, durch den ein nicht unbeträchtlicher Teil der Kosten seine Deckung findet. Genaue Angaben lassen sich nicht leicht machen, weil viel von der Oertlichkeit abhängt; man kann aber annehmen, daß die Kosten pro Kopf und Jahr nicht leicht über einige Mark hinausgehen werden.

Wie die Erd- und Aschenklosetts, so eignet sich das Torfmullklosett ganz besonders für Außengebiete und Vororte großer Städte mit reichem Gartenbaubetriebe. Desgleichen ist es für Landstädte und selbst mittlere Städte, wenn die Häuser eine gewisse Größe nicht überschreiten, gut geeignet. Bei keinem Abortsystem besteht zwischen den Interessen der Gesundheitspflege mit denjenigen der Landwirtschaft allgemein ein so guter Einklang als beim Torfmullklosett.

Um einen summarischen Vergleich zwischen den verschiedenen Systemen zu ziehen, kann man sagen:

daß das Grubensystem die geringsten Kosten mit sich bringt, dagegen den Anforderungen der Gesundheitspflege nur ausnahmsweise entspricht — am besten vielleicht, mit denselben bei den sogen. Massenaborten — in Fabriken, Kasernen u. s. w. — in Einklang zu setzen ist;

daß das Tonnensystem sehr kostspielig ist, eine strenge und umfassende Organisation, samt genauer Durchführung fordert, wenn diese stattfindet, aber vom gesundheitlichen Gesichtspunkte einwandfrei ist;

daß das Streuklosettsystem mit Gebrauch von Torfmull als Streumittel nur mäßige Kosten erfordert, wie das Tonnensystem aber eine Organisation und genaue Durchführung bedingt, um vom gesundheitlichen Standpunkte als „gut“ beurteilt werden zu können.

In jedem einzelnen Falle ist die Anwendbarkeit dieses oder jenes Systems insbesondere mit Bezug auf zwei Seiten zu prüfen: a) Mit Bezug auf die Größe und insbesondere die Wohndichte des Orts. b) Mit Bezug auf die Frage: ob dauernde Absatzfähigkeit des Klosettinhalts besteht oder nicht? Und es ist die Möglichkeit nicht außer acht zu lassen, daß in kürzerer oder längerer Zeit aus diesem oder jenem Grunde der Uebergang zur Kanalisation stattfindet, wobei dann gewisse Teile der Anlage entwertet werden. Beim Uebergang vom Tonnensystem zur Kanalisation wird der Verlust sich am größten herausstellen.

§ 153. Berücksichtigt man sowohl den Kostenpunkt als die Umständlichkeit der Einrichtung, die mancherlei Voraussetzungen, von denen die gute Wirksamkeit eines Abfuhrsystems der bisher vorausgesetzten Arten abhängig ist, zieht man endlich die Lästigkeit dauernder polizeilicher Ueberwachung und daneben noch in Betracht, daß trotz alledem keine Sicherheit vor gesundheitlichen Gefährdungen, Geruchsbelästigungen, vor häuslichen Störungen von allerhand Art geboten ist, so wird die große Bedeutung einer Entfernungsweise der Absonderungen klar, bei der dieselbe sich gewissermaßen ohne unser Zuthun vollzieht. Dies findet bei Einrichtung unterirdischer Entfernungsweise statt, wenn die Rohrleitungen bis außerhalb des Stadtgebiets geführt werden.

Dabei bereitet aber die Dickflüssigkeit der Massen Schwierigkeiten in der Vorflut. Es müssen entweder gewisse Wassermengen zugesetzt, oder den Leitungen anormale, große Gefälle gegeben, oder künstliche Mittel zur Erzeugung der Vorflut angewendet werden. Wenn eine Verwertung der Massen zu Dungstoffen angestrebt wird, ist das vorher angegebene Mittel ausgeschlossen. Da das zweite in seiner Wirkung immer zu unsicher ist, bleibt nur das zuletzt erwähnte Mittel. Es kann entweder in der Benutzung von Luftverdünnung oder von Luftpressung bestehen.

Die Idee zu dem ersten Abfuhrsystem dieser Art rührt von dem Franzosen Aristide Dumont her, der einen bezüglichen Vorschlag im Jahre 1862 machte. Derselbe ist wenige Jahre später von Liernur in dessen sogen. Differenziersystem verwirklicht worden. Die Absonderungen fallen in Trichter von besonderer Tiefe, die sich unten stark verengen, und verbleiben hier, einen Verschluß gegen das Straßenrohr bildend, für 24 oder 48 Stunden, wonach sie durch Luftverdünnung im Rohr zu einem unterirdisch angeordneten Zwischenbehälter geführt werden. Von hier aus gelangen sie, wiederum durch Luftverdünnung, durch die zur Stadt hinausführende Leitung, zu einer „Zentralstation", wo sie verarbeitet werden. Rohrleitungen und Behälter sind aus Eisen mit besonders guten Dichtungen der Stöße u. s. w. hergestellt. Da zu den Zeiten, wo sich Schmutzmassen durch die Leitung bewegen, Luftüberdruck von außen nach innen stattfindet, so ist der Austritt von Schmutz in den Boden sicher verhindert. Bedenken könnte das längere Verweilen der Absonderungen in den Aborttrichtern hervorrufen. Allein es handelt sich hier immer nur um eine Anzahl von Stunden, und es sind die Massen, da sie bei der tiefen und spitzen Form des Trichters sich weit entfernt vom Sitzbrett befinden, und da sie nur an der Oberseite mit einer kleinen Fläche die Luft berühren, gegen das rasche Fortschreiten der Zersetzung geschützt. Aus diesen Gründen gilt das in mehreren holländischen Städten bewährte Abfuhrsystem gesundheitlich als einwandfrei, und ist als solches u. a. auch von der Preußischen Wissenschaftlichen Deputation für das Medizinalwesen wiederholt anerkannt*), z. B. am 1. November 1882 in einem an die Stadt Minden gerichteten Schriftstück. Da indessen ein gut Teil der Leistung des Systems von der Art und Weise abhängt, in welcher der Betrieb geführt wird, so wurde die Genehmigung zum Gebrauch des Liernur-Systems für Minden (und auch sonst) an den Vorbehalt geknüpft, daß die vom Erfinder in Aussicht gestellten Ergebnisse beim Betriebe auch wirklich erreicht werden.

Auch in dem System Berlier dient zur Fortschaffung der Massen in Leitungen Luftverdünnung. Hier fällt aber der Zwischenbehälter in der Straße fort und desgleichen fällt die vorläufige Sammlung der Absonderungen in dem Aborttrichter fort. Letztere fallen in ein Gefäß, in welchem sie durch eine Schleuder-

*) Vergl. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Medizin und öffentl. Sanitätswesen. 1884. XL. Supplementband.

trommel von gröberen Schwemmstoffen, als Papier, u. s. w., befreit und zu einer Masse von gleichförmiger Dickflüssigkeit zerkleinert, bezw. gemischt werden. Sie treten aus der Trommel in ein zweites Gefäß, das im Boden ein Ablaßventil hat, welches mit einem Schwimmkörper verbunden ist, der bei Erreichung eines gewissen Höhenstandes der Flüssigkeit im Gefäß das Ventil öffnet. Mit dem Austritt der Masse in die Rohrleitung sinkt das Ventil selbstthätig auf seinen Sitz zurück. Ob die Einschaltung der Schleudertrommel mit dem anhaftenden, breit verteilten Schmutz gesundheitlich im Vorzuge von der zeitweiligen Zurückhaltung der Massen im Trichter des Liernursystems ist, ist eine Frage, die wohl verneint werden muß. Wenn das geschieht, ist der Vorzug des kontinuierlichen Abflusses aufgehoben, während die verbleibende Notwendigkeit eines Drehmechanismus positiv ein Uebelstand ist. Denn es wird unter jeder Einzelanlage eine solche erfordert und eine ordnungsmäßige Handhabung desselben kann kaum anders als durch Anwendung von Maschinenkraft gesichert werden. Die Entfernung der ausgeschleuderten Reste, auch die Fortschaffung derselben aus den Gebäuden, ist eine widerwärtige Arbeitsleistung, deren sorgfältige Ausführung nicht leicht erzwungen werden kann. Endlich muß, damit der Schleudermechanismus seine Schuldigkeit thue, ein größerer Wasserzusatz zu den Absonderungen gegeben werden, der den Düngerwert derselben herabsetzt. Aus diesen Gründen ist ersichtlich, daß das System mangelhaft und zur Anwendung in einem ganzen Ort nicht geeignet, brauchbar nur in einzelnen größeren Etablissements, Kasernen, Fabriken u. s. w. ist. Es hat auch, so viel bekannt, andere Anwendungen als ein paar derartige bisher nicht gefunden.

Das System Shone verwendet wiederum unterirdische Behälter, denen die Massen aus den Klosetttrichtern unmittelbar zufließen. Um die Vorflut zu sichern, müssen die Anschlußleitungen zu den Behältern, Ejektoren genannt, mit großen Gefällen verlegt werden; d. h. es müssen die Wege zu den Ejektoren kurz sein, diese daher in großer Anzahl angelegt werden, außerdem ist noch ein gewisser Wasserzusatz (Küchenwasser) unentbehrlich. Aus den Ejektoren werden die Massen durch Preßluft in Rohrleitungen weiter befördert, welche zu den endgültigen Sammelstätten führen; die Preßluft wird von einer Zentralstation geliefert. Die Leistung der Preßluft erfolgt selbstthätig, indem bei Erreichung eines gewissen Höhenstandes der Flüssigkeit in dem Ejektor durch Wirkung eines Schwimmkörpers ein Ventil geöffnet wird, das der Preßluft den Eintritt frei macht; gleichzeitig damit erfolgt der Schluß des Ventils in der Zuflußleitung und Oeffnung des Auslaßventils in der Druckleitung. Etwaige Befürchtungen in Bezug auf die Zuverlässigkeit der steten Gangbarkeit der anscheinend verwickelten mechanischen Einrichtung sind nach den vorliegenden Erfahrungen nicht hoch anzuschlagen. Denn der Apparat ist mehrfach erprobt und zuverlässig befunden worden*). Einwände gesundheitlicher Natur entfallen ganz; wahrscheinlich sind aber die Anlage- und Betriebskosten hoch. Die Verwendbarkeit erscheint danach etwas eingeschränkt; doch giebt es Fälle, wo wegen Besonderheiten der Bodengestaltung und Bodenbeschaffenheit andre Systeme so gut wie ausgeschlossen sind.

Man kann sich das Verfahren der Entfernung von Klosettstoffen mittelst Druckluft noch in zweifacher Hinsicht vervollkommnet denken: durch Fortfall der großen Zwischengefäße, indem die einzelnen Abortgruben zur unmittelbaren Entfernung des Inhalts mittelst Druckluft eingerichtet werden und durch Fortfall

*) Das Gelände der Weltausstellung in Chicago 1894 war nach dem System Shone kanalisiert. Auch von dem Gelände der Berliner Gewerbeausstellung 1896 wurden nach diesem System die Absonderungen und Küchenwasser entfernt. Es waren 21 Ejektoren aufgestellt; die Wasser mußten 30 m hoch gehoben werden und wurden unmittelbar zu einem 12 km entfernten Rieselfeld gefördert.

der Zentralstation, indem die Klosettstoffe unmittelbar zu Sammelstellen auf Feldern — bezw. Rieselland — geführt werden. Zu der ersterwähnten Verbesserung liegt bereits ein Vorschlag in folgender Veröffentlichung vor: Brandis, Ueber die Beseitigung und Verwertung städtischer Auswurfsstoffe, mit besonderem Hinweis auf das System der Druckluftgruben. Essen; H. B. Geck.

2. Kapitel.

Menge, Beschaffenheit und Sammelweise des Hauskehrichts (Hausmüll) u. s. w.

§ 154. Die Mengen des Hauskehrichts, der die bei der Reinigung des Hauses und dessen unmittelbarem Zubehör gesammelten Massen, sowie die Abfälle in Küchen, die Asche aus den verschiedenen Feuerungen, Trümmer aller Art, Papier- und Stoffreste, kleine Mengen von Bauschutt, Abfälle kleiner gewerblicher Betriebe und noch andres umfaßt, schwanken in sehr weiten Grenzen; sie werden am passendsten auf 1 Kopf und Jahr bezogen.

Bei der Hausreinigung und den Küchenresten ergeben sich große Mengenunterschiede je nach dem Range des Hauses und der Lebenshaltung der Bewohner, nach der Wohndichte u. s. w., bei der Asche nach der Art des Brennmaterials. Je geringwertiger dies und je unvollkommener die Feuerungsanlagen, um so größer ist die Aschenmenge. Braunkohlen- und Briquettesfeuerung giebt vielleicht das Zehnfache an Asche als Feuerung mit Steinkohle und Holz. Danach und aus manchen andern unerwähnt gelassenen Ursachen ist klar, daß rechnungsmäßigen Bestimmungen von Hauskehrichtmengen keine Bedeutung zukommt, vielmehr nur die bei der Abfuhr thatsächlich ermittelten Mengen für Vergleichungen brauchbare Zahlen liefern können. v. Pettenkofer rechnet mit 90 kg für Hauskehricht und Küchenabfälle zusammen, und mit 15 kg für Asche, im ganzen also mit 105 kg. Wenn man ein oft gefundenes Durchschnittsgewicht von 500—600 kg für 1 cbm zu Grunde legt, so würde dies einem Volumen von 175—200 l entsprechen, eine Menge, die in den meisten Städten mehr oder weniger weit überschritten wird. Richter (Handbuch der Hygiene von Weyl, 2. Band) schätzt die Gesamtmenge auf 270 l, eine Zahl, die dem aus Beobachtungen zu ziehenden Mittelsatz näher liegt als die v. Pettenkofersche Angabe. In den Verwaltungsberichten des Magistrats von Berlin wird die auf den öffentlichen Abladeplätzen im Jahr zur Abladung gebrachten Anzahl von Fuhren mitgeteilt. Rechnet man (vielleicht etwas niedrig) auf 1 Fuhre 4 cbm, so entfällt in jedem von den 7 Jahren 1888/89 bis 1894/95 auf 1 Kopf der Stadtbewohnerschaft eine Kehrichtmenge, die zwischen 104 und 140 l schwankt. Dies ist viel weniger, als in Wirklichkeit fortgeschafft wird, weil bei der sehr hohen Abladegebühr, welche erhoben wird (für 1 Wagenladung 3 Mark), jedenfalls große Mengen von Hauskehricht nicht zu den öffentlichen Abladeplätzen geschafft werden, sondern andre Wege gehen; wahrscheinlich haben sehr viele große Etablissements eigene Abfuhreinrichtungen. Dementsprechend werden in der Litteratur die Mengen des Hauskehrichts in Berlin zu 250 und anderweit sogar zu 410 l angegeben.

Baumeister (Städtisches Straßenwesen und Städtereinigung) macht für eine Anzahl von Großstädten folgende Angaben:

Bremen und Frankfurt a. M.	220 l	Philadelphia . . .	720 l
Kopenhagen	260 „	Rom	90 „
London	750 „	Stuttgart	100 „
Manchester	800 „	Wien	340 „
Paris	350 „		

In jedem Falle handelt es sich um sehr bedeutende Massen, deren Abtransport und endlicher Verbleib nicht unbedeutende Kosten und Schwierigkeiten mit sich bringt. Erstere sind mit 1 Mark pro Kopf und Jahr für viele Orte wohl nicht zu hoch angenommen. Es würde möglich sein, Mengen und Kosten dadurch wesentlich zu ermäßigen, daß in jedem einzelnen Hause Verbrennung aller verbrennungsfähigen Teile erfolgte, die einen beträchtlichen Teil des Kehrichts ausmachen. Indessen setzt dies bessere Feuerungseinrichtungen voraus, als im allgemeinen vorhanden sind, und auch größere Sorgfalt und Mühe, als von den Personen, in deren Händen die Bedienung der Feuerungen liegt, erwartet werden kann. Das bloße Sammeln und Verbringen an eine bestimmte Stelle des Grundstücks erfordert geringere Mühe und wird deshalb vorgezogen. Noch auf eine andre Weise lassen sich die Kehrichtmengen verringern, nämlich dadurch, daß von denselben an der Entstehungsstelle alle noch verwertbaren Stoffe (Stoffreste, Papier, Glasscherben, Knochen, Metalltrümmer, Korken u. s. w.) entfernt gehalten, gesondert aufbewahrt und fortgeschafft werden. Aber dies Verfahren läuft der Bequemlichkeit zu sehr zuwider und wird deshalb nur vereinzelt geübt; der Ort der Sonderung wird auf den Abladeplatz verschoben und die Mühe derselben irgendwelchen Dritten überlassen.

Zur Sammlung des Kehrichts dienen Gruben oder bewegliche Behälter. Da in dem Kehricht die Menge von Bestandteilen organischer Herkunft bedeutend ist, ist derselbe fäulnisfähig, ein reicher Nährboden für mikroskopisches Leben und eine Quelle belästigender Gerüche; dazu ist die Gefahr der Trocknung und Verstaubung zu fürchten. Aus diesen Gründen sollte längere Aufbewahrung in oder in der unmittelbaren Nähe der Wohnung nicht geduldet werden. Entsprechend ist Sammlung in Gruben allgemein zu verwerfen; dies gilt auch, wenn dieselben nur geringe Größe haben, weil beim Leeren derselben Staub erzeugt wird und Verstreuen von Kehricht stattfindet. Nur wenn die Grundstücke dicht bewohnt sind, können Gruben im Vorzuge sein. In solchen Fällen würde eine größere Anzahl beweglicher Behälter für ein Grundstück notwendig, wodurch die Gefahr der Verbreitung von Schädlichkeiten zu sehr vergrößert wird. Hier empfiehlt sich die Anlage einer größeren Grube, um die Schädlichkeiten an einer Stelle zu konzentrieren. Am besten liegt die Grube versenkt, weil sie dabei den Luftströmungen entzogen ist, an einem schattigen, aber nicht feuchten Ort und auch so, daß nicht Wasser von oben eintreten kann. Ueber Geländehöhe aufgeführte Kehrichtgruben sind freilich bequemer zu leeren, doch auch mit dem Nachteil leichter Verstaubung und anderweiten Verschleppung der Massen behaftet. Jedenfalls muß die Grube aus unverbrennlichem Material hergestellt und mit Deckel gut verschließbar sein. Die Grube läßt sich auch in Schachtform am Gebäude selbst anordnen und zwar so, daß der Einwurf von jedem Geschoß aus möglich ist. Am unteren Ende findet sich alsdann eine schließbare Oeffnung, aus der die Massen selbstthätig austreten können. — Bewegliche Behälter können fahrbar oder tragbar eingerichtet sein; im letzteren Fall erhalten sie eine Größe, um von zwei Personen ohne besondere Anstrengung gehandhabt werden zu können. Das ist noch der Fall, wenn sie etwa 200 l Inhalt haben. In manchen Städten sind die Behälter jedoch viel kleiner und dienen alsdann dazu, den Kehricht aus der Wohnung unmittelbar auf die Straße zu verbringen. Diese Einrichtung ist insofern mangelhaft, als sie das Verstreuen von

Kehrichtmassen auf Treppen, Fluren und auf der Straße befördert. Das längere Stehen der Behälter am Morgen auf der Straße — vielleicht in langen Reihen — widerspricht auch der guten Sitte. Jedenfalls sollten die beweglichen Behälter mit Deckel gut verschlossen sein. Zweckmäßiger sind kleine Behälter aber insofern, als durch sie der längere Verbleib des Kehrichts auf dem Grundstück verhindert wird und als sie in Zeiten von Epidemieen auch leicht desinfiziert werden können. Je rascher die Abführung erfolgt, um so besser.

Da die organischen Stoffe vorwiegend in den Küchenresten und dem Kehricht vertreten sind, die Asche im allgemeinen steril ist, würde es sich empfehlen, die Massen beider gesondert zu halten; entsprechend müßten Behälter und Gruben doppelt vorhanden sein. Aber wenn dies der Fall, ist kaum Sicherheit dagegen zu schaffen, daß nicht Verwechslungen stattfinden, und der Zweck der Einrichtung durch Mutwillen oder Fahrlässigkeit vereitelt wird.

Wie die Sammlung und Aufbewahrung muß auch die Müllabfuhr möglichst staubfrei erfolgen. Die Wagen müssen daher dicht und verschließbar sein; sollten auch geeignet sein, beim Ausleeren der Behälter die Ausbreitung von Staub zu verhindern; am meisten empfiehlt sich dazu ein Behälter aus Eisenblech. Es besteht aber auch die Einrichtung, daß der Wagen nur eine Plattform trägt, auf welche die von den Grundstücken herzugebrachten Behälter gestellt werden. Dieser Wechselbetrieb der Behälter ist grundsätzlich im Vorzuge, weil Stauberzeugung beim Verladen vermieden wird, und dabei auch der Zustand der Behälter der dauernden Ueberwachung unterliegt. Allerdings bilden die Behälter eine nicht unbedeutende Last, deren Hin- und Hertransport Kosten verursacht. Um diese zu ermäßigen, hat Schlosky für Sammlung und Transport des Kehrichts die Benützung von Säcken aus Asbestgewebe vorgeschlagen, welche in einem Eisengestell, das an bestimmter Stelle fest angebracht ist, aufgehängt werden, und zwar so, daß sie leicht entfernt werden können.

Von großem Einfluß auf die Güte des Abfuhrwesens ist die Art und Weise, wie dasselbe äußerlich geordnet ist. Zunächst hat die Polizeigewalt Vorschriften über Größe und Bauweise der Gruben und Behälter zu erlassen, dabei auch zu bestimmen, wie oft die Räumung erfolgen muß. Weiter sind, um Ablagerungen an Stellen zu verhüten, wo sie schädlich wirken könnten, bestimmte Abladeplätze zu bezeichnen, bezw. vorzuschreiben. Diese sollten nicht in der unmittelbaren Nähe offener Gewässer oder von Wasserwerken, auch nicht in geringer Entfernung von Wohnstätten liegen. Eine Vorschrift wie die öfter anzutreffende, daß Abladen in 200 oder 300 m von Wohnungen entfernt verboten sei, genügt nicht; vielmehr muß ein bestimmt umgrenzter Raum als Abladestätte bezeichnet sein. Am zweckmäßigsten ist es immer, daß die Gemeinde geeignete Lagerplätze durch Kauf oder mietweise erwirbt, bei größeren Städten mehrere, und den Transportunternehmern die Wahl unter den Plätzen frei läßt. Durch Erhebung einer Abladegebühr kann die Gemeinde ihre Auslagen leicht wieder decken. Nur bei diesem Modus ist strenge Ordnung und eine leidlich ausreichende Wahrnehmung der gesundheitlichen Interessen gesichert.

Was die Transportleistung betrifft, so bestehen dabei die verschiedensten, auf Recht und Herkommen beruhenden Zustände. In den meisten Städten ist die Sorge für die Müllabfuhr durchaus den Grundstückeigentümern überlassen, und diese führen die Fortschaffung nach ihrem Belieben aus, dies ist, wie leicht erkennbar, der ungünstigste Zustand. In andern Städten bestehen Vereinigungen, welche das Abfuhrgeschäft gemeinsam an einen Unternehmer übertragen; dieser Modus kann für Reinlichkeits- und Gesundheitspflege ausreichend sein. In noch andern, aber in Deutschland nicht allzuviel Städten, tritt die Gemeinde als Unternehmer der Ab-

fuhr auf. Dies ist der überall zu erstrebende günstigste Zustand, der bei der Autorität, welche der Gemeinde innewohnt, Ordnung und Stetigkeit in der Sache verbürgt. Er empfiehlt sich um so mehr zu allgemeiner Einführung, als der Gemeinde die Straßenreinigung und die Abfuhr des Straßenkehrichts obliegt; beide Einrichtungen können sich in verschiedenen Richtungen verbinden lassen, und darauf die Reinhaltung der Straßen in weitgehender Weise fördern.

Was die genaueren Bestandteile des Hauskehrichts betrifft, so sind dafür bei den von der Oertlichkeit abhängigen großen Wechseln Durchschnittszahlen von wenig Wert. Doch möge einiges Hierhergehörige nach Vogel (a. a. O.) mitgeteilt werden. Holz giebt geringe Aschenmengen. Bei Nadelhölzern ist die Aschenmenge kleiner als bei Laubholz. Stammholz giebt vielleicht nur 3 % der Aschenmenge, welche Rinde liefern. — Aehnlich bei andern Brennmaterialien; so kann beim Torf die Aschenmenge zwischen 0,5 und 60 % liegen, je nachdem die Torfmasse geringere oder größere Mengen mineralischer Bestandteile enthält. Durchschnittlich beträgt die Aschenmenge 6—12 %. — Braunkohlen geben 5—15 % Asche, manche Sorten aber auch bedeutend mehr, bis zu 58 %; sie sind dann aber als Brennmaterial nicht mehr brauchbar. — Von Steinkohlen geben die besten bis zu 7 %, mittelgute 8—10 % und schlechte über 14 % bis 40 % Asche. — Braunkohle-Briquettes liefern sehr wechselnden Aschengehalt, der im allgemeinen hoch ist, Steinkohle-Briquettes weniger. Nach Angaben von Vogel (a. a. O.) fand man für erstere zwischen 5,7 und 22,3 % und bei letzteren zwischen 2,5 und 17,8 %.

Die Asche der Brennmaterialien ist nicht nur wegen ihrer Menge wichtig, sondern auch in noch andern Beziehungen. Einmal wird durch sie das Verfahren bei der Beseitigung des Kehrichts durch Verbrennung beeinflußt, und sodann ist die Zusammensetzung der Asche von Wichtigkeit für den Düngerwert des Kehrichts. Bei der vielfach unvollkommenen Verbrennung der Brennmaterialien in den gewöhnlichen Feuerungen enthalten die Verbrennungsrückstände gewöhnlich noch organische Bestandteile. Wichtiger sind aber einige in den eigentlichen Aschen vorkommende Bestandteile, über welche in Vogel (a. a. O.) die in folgender Zusammenstellung mitgeteilten Zahlen enthalten sind.

Bestandteile	In 100 Teilen Asche von Nadelhölzern sind Teile enthalten	Laubhölzern	Torf	Braunkohle	Steinkohle
1. Kali	2,79—15,24	6,94—21,92	0,15— 1,50	0,90— 2,38	0,30— 0,60
2. Kalk	15,71—56,26	30,75—75,45	1,20—45,58	10,00—45,60	1,08—19,23
3. Phosphorsäure .	0,36— 0,39	2,51—10,74	0,50— 7,49	—	0,39— 1,18
4. Kieselsäure . .	1,80— 8,20	1,46— 4,78	2,22—21,96	3,12—36,01	1,70—60,23
5. Thonerde . . .	1,35	3,40	2,90—28,4	1,23—29,5	2,21—34,09
6. Sand und Thon, unlöslich . . .	5,73— 7,00	4,28	2,72—76,56	—	—
7. Eisenoxyd . . .	0,61— 5,03	0,10— 3,04	3,51—35,08	5,05—32,18	6,36—74,80
8. Kohlensäure . .	19,04—25,30	21,87—38,70	1,00—11,62	13,52	—

In diese Zusammenstellung sind nur die wesentlicheren unter den Aschenbestandteilen aufgenommen, neben welchen noch eine ganze Reihe andrer in kleineren Mengen vorkommt. Die sehr weiten Grenzen, innerhalb welchen sich die Zahlen bewegen, lassen genügend die großen Wechsel erkennen, welche stattfinden. Da aber die Zahlen nur einer beschränkten Anzahl von Analysen entstammen, so

ist es wahrscheinlich, daß die mitgeteilten Zahlen die Wechsel noch nicht einmal erschöpfen.

Je reicher die unter 1—3 genannten Stoffe in der Asche vertreten sind, um so wertvoller wird im allgemeinen die Asche als Dungmittel sein; je höher aber der Anteil der zu 4—7 genannten und noch andrer Stoffe, um so mehr ist die Asche bloßer Ballast, dessen Fortschaffung nur Kosten verursacht. Indessen sind Kalk, Thonerde und Eisenoxyd Hauptbestandteile des Mörtels; es beruht darauf die in England wie es scheint nicht gerade seltene Verarbeitung von Kehricht — besonders aber wohl Straßenkehricht — zu Mörtel.

Wichtiger für die Aufgabe der Müllbeseitigung als die chemische Zusammensetzung des einen Teils derselben, der Asche, ist die Kenntnis der Zusammensetzung des Gemisches, welche das Müll bildet, besonders die Kenntnis der Menge der organischen, d. h. des zersetzungs- — auch verbrennungsfähigen — Teils desselben. Vogel hat 16 Proben desselben, die in Köln, Hamburg, Karlsbad und Berlin entnommen waren, nach dieser Richtung hin untersucht und die folgenden Ergebnisse erhalten. Die Sonderung in „Sperrstoffe“ und „Feinmüll“ wurde mittelst eines Siebes von 7 mm Maschenweite bewirkt. Im ungetrockneten Zustande enthielten die Müllproben:

Sperrstoffe, durchschnittlich	39,78 %;	Grenzen, in 6 Proben	24,18 und 49,05 %	
Feinmull, „	60,22 „	„ „ „ „	50,95 „ 75,82 „	
Die Sperrstoffe enthielten:				
Wasser, durchschnittlich	7,09 %;	Grenzen, in 6 Proben	1,79 und 14,94 %	
Verbrennliche Stoffe „	12,35 „	„ „ „ „	3,86 „ 17,63 „	
Unverbrennl. „ „	20,34 „	„ „ „ „	12,68 „ 27,88 „	
Das Feinmull enthielt:				
Wasser, durchschnittlich	7,16 %;	Grenzen, in 6 Proben	1,97 und 11,65 %	
Verbrennliche Stoffe „	12,92 „	„ „ „ „	5,99 „ 18,94 „	
Unverbrennl. „ „	40,14 „	„ „ „ „	30,13 „ 54,70 „	
Dies Mull im ursprünglichen Zustande enthielt:				
Wasser, durchschnittlich	15,64 %;	Grenzen, in 10 Proben	3,76 und 23,00 %	
Verbrennliche Stoffe „	22,50 „	„ „ „ „	13,33 „ 33,55 „	
Unverbrennl. „ „	61,86 „	„ „ „ „	50,91 „ 77,47 „	

Zahlen wie diese sind geeignet als Grundlage für ein Urteil darüber, welche Art des Beseitigungsmodus sich am meisten empfiehlt: ob Sonderung in Sperrstoffe und Feinmull zweckmäßig, ob es vorteilhafter ist, auf die Sonderung zu verzichten und die Massen in ihrer zufälligen Mischung zu belassen.

Auffällig könnte erscheinen, daß die in den in Rede befindlichen Proben in den Sperrstoffen vorhandenen Mengen der verbrennlichen Stoffe nur unwesentlich geringer waren, als die in dem Feinmüll vorhandenen gleicher Art. Dies könnte gegen die Sonderung sprechen, die zudem vom gesundheitlichen Gesichtspunkte aus (wegen der Stauberzeugung) zu beanstanden ist. Die unverbrennlichen Stoffe sind im Feinmull in mehr als doppelt so großer Menge vertreten als in den Sperrstoffen. Daraus könnte ein Grund gegen die Verbrennung des Feinmülls und für einen anderweiten Beseitigungsmodus desselben entnommen werden. — In der natürlichen Mischung des Hausmulls bilden die unverbrennlichen Stoffe eine fast dreimal so große Menge als die verbrennlichen; man erkennt daraus, daß die Müllverbrennung nicht gerade „einfach“ sein kann, vielmehr besondere Ofenkonstruktionen und Hilfseinrichtungen fordert, die über den Apparat einer gewöhnlichen Feuerungsanlage hinausgehen.

Um den Düngerwert von Hausmüll einigermaßen beurteilen zu können,

werden hier noch die Ergebnisse von drei Untersuchungen mitgeteilt, wovon die eine sich auf Brüsseler Müll bezieht, während die beiden andern Berliner Müll betreffen. Die Probe I wurde im Winter, die Probe II im Sommer entnommen.

In 100 Teilen sind enthalten	Brüssel	Berlin I	Berlin II	Mittel
Organische Substanz . . .	27,00	17,64	20,06	21,60
Asche	73,00	80,74	60,94	71,56
Stickstoff	0,39	0,46	0,35	0,40
Ammoniakstickstoff	—	—	0,05	—
Phosphorsäure	0,43	0,02	0,58	0,34
Kali	0,07	0,10	0,22	0,13
Kalk	—	—	8,92	—
Magnesia	—	—	1,74	—

Wie man sieht, sind die dungwertigen Bestandteile in den vorliegenden Proben gering; außerdem sind dieselben insofern zum Teil minderwertig, als sie in schwer löslicher Form auftreten. Trotzdem lohnt sich nach Vogel (a. a. O.) die Verwendung des Kehrichts auf Sandboden und Wiesen in dem Falle, daß man denselben bis zum Höchstpreise von 0,5 Mark für 1 cbm zur Stelle haben kann. Die Gelegenheiten zu so billigem Transport sind aber wohl bei großen Städten nicht vorhanden, höchstens bei Landstädten. Ausnahmsweise mögen sich für bereits gelagerten Kehricht auch in der Nähe von Großstädten Abnehmer finden.

Unter solchen Umständen hat man in England den Wert des Hausmülls als Düngemittel dadurch erhöht, daß man mit demselben hochwertigere Düngemittel mischte, und dasselbe so für längeren Transport lohnend machte. Doch ist dies nur ein Notmittel und bleibt unberührt davon das Ziel: den Hauskehricht durch Verbrennung zu beseitigen, wobei die Massen nicht nur steril werden, sondern auch auf ein Volumen bis etwa 50—25 % zurückgeführt werden, ein hoch erstrebenswertes. Bei den Verbrennungsversuchen des Berliner Hauskehrichts hat sich ein Verbrennungsrückstand, der an der oberen Grenze liegt, ergeben.

Hinsichtlich der Beschaffenheit und Menge des Kehrichts aus gewerblichen Betrieben sind besondere Angaben nicht zu machen. Handelt es sich um Kehricht aus größeren Fabrikanlagen, so werden zu dessen Beseitigung wohl immer besondere Einrichtungen zu treffen sein, bei denen auf die Art des Kehrichts gebührende Rücksicht zu nehmen ist. Einen gewissen Anhalt für die Beurteilung der Beschaffenheit von Fabrikenkehricht bieten die S. 147 ff. gemachten Angaben über die Beschaffenheit der Abwässer aus Fabriken.

3. Kapitel.

Menge, Beschaffenheit und Sammelweise des Strassenkehrichts.

§ 155. Straßenkehricht ist teilweise das Erzeugnis der Zerstörung (Abnützung) der Straßenoberfläche durch den Verkehr, teils Erzeugnis der gleichzeitig stattfindenden Verwitterung. Der Wirkungsgrad beider Ursachen hängt zunächst von

dem Material und der Oberflächenbeschaffenheit der Straße ab. Je fester (eigentlich je zäher) dasselbe und je ebener die Oberfläche, um so geringer werden Zerstörung durch den Verkehr und die Verwitterung sein und umgekehrt. Je größer der Verkehr, um so mehr wird die Zerstörung aus dieser Ursache in den Vordergrund treten; je geringer der Verkehr, um so mehr macht sich vergleichsweise die Verwitterung geltend. Der Wirkungsgrad beider Faktoren ist weiter bedingt durch Lage und Profil der Straße. Straßen mit geringer Steigung und mäßiger Wölbung, oder solche ohne Steigung werden sowohl durch den Verkehr als die Verwitterung weniger stark angegriffen als Straßen mit starker Steigung und starker Wölbung. Auch trockene (sonnige) und hohe Lage über Grundwasserstand ermäßigen den Angriff der Straßenoberfläche durch den Verkehr und die Atmosphärilien, desgleichen Abwesenheit von Baumwuchs in und an den Straßen. Durch sorgfältige Reinhaltung der Straße wird die Zerstörung der Oberfläche teils günstig, teils ungünstig beeinflußt. Eine leichte Decke von Schmutz gewährt der Straßenoberfläche einen gewissen Schutz vor dem Angriff durch den Verkehr, ermäßigt in trockener Jahreszeit vielleicht auch den Angriff durch die Atmosphärilien, während sie in nasser Jahreszeit umgekehrt wirkt. Künstliche Befeuchtung der Straße (Sprengung) und natürliche Feuchtigkeit (Regen) vermehren die Abnützung. — Die Abnützung durch den Verkehr ist einigermaßen unabhängig von der Straßenbreite, d. h.: ob eine gewisse Verkehrsgröße auf eine größere oder eine geringere Straßenbreite sich verteilt, ist ohne Einwirkung auf die Gesamtmenge der dadurch zerstörten Materialsmenge; hingegen steht die Zerstörung durch die Atmosphärilien im Verhältnis zur Straßenfläche. — Einen großen Einfluß auf die Kehrichtmenge übt die Untergrundbeschaffenheit. Lockerer Boden bringt durch die Fugen des Pflasters viel Staub auf die Straße, kompakter Boden weniger. Endlich beeinflußt die Abfuhrweise des Hauskehrichts die Menge des Straßenkehrichts. Verluste bei der Abfuhr des ersteren dienen unmittelbar zur Vermehrung des letzteren.

Nach diesen Angaben sind außerordentlich große Wechsel in den Straßenkehrichtmengen erklärlich. Es wird angegeben, dass, wenn für die Flächeneinheit einer Asphaltstraße die Jahresmenge des Kehrichts = 1 gesetzt wird, alsdann für dieselbe Flächengröße die Mengen für andre Straßenbefestigungen folgende sind: Holzpflaster 2,5, Steinpflaster 5,0, Steinschlagbahn (Macadam) = 12. Doch geben diese Zahlen nicht mehr als ein anschauliches Bild, weil sie die großen Wechsel in der Beschaffenheit der einzelnen Pflasterarten beiseite lassen. Fast ebenso unbestimmt ist eine Angabe von Heuser (Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege 1889), wonach in einer überwiegend mit Steinpflaster versehenen Stadt auf 1 Tag und 1 km Straßenlänge 700—3500 kg = 255 500—1 277 500 kg in 1 Jahr zu rechnen ist. Bei dem Gewicht von 1000—1300 kg, im Mittel 1250 kg, würden dies 200—1000 cbm sein oder auf 1 m Straßenlänge 0,2—1 cbm. Steglich giebt für Dresden die Jahresmenge des Straßenkehrichts für 1 qm Straßenfläche zu 30 l an, was einer Schichthöhe von 30 mm gleichkommt, und Spinola rechnet für Berlin auf insgesamt 250 000 cbm, was bei einer Straßenfläche von 8 571 000 qm (die im Jahre 1894 vorhanden war), eine Schichthöhe von 29 mm ergiebt. In dicht bebauten Orten unerträglich große Mengen von Staub und nassem Kehricht liefern macadamisierte Straßen und Reitwege, wenn letztere nicht durch Aufschüttung von Loheresten oder einem ähnlichen Material etwas befestigt werden.

In die beiden letzteren Angaben sind nicht nur die Fahrstraßenflächen, sondern auch die Flächen der Gehwege eingerechnet. Auf letzteren ist die Abnützung wesentlich geringer; rechnet man die Breite zu 30 % der Gesamtbreite der Straße und die Abnützung der Gehwege gleichfalls nur zu 30 % der Abnützung der Fahrstraße, so würde auf die Fahrstraßenfläche sowohl in Dresden als in Berlin

eine Schichthöhe des Kehrichts von rund 50 mm kommen, auf die Gehwegflächen dagegen nur von 10 mm.

Die Kehrichtmengen verteilen sich sehr ungleich auf die Jahreszeit. In Berlin beträgt bei trockenem Wetter die normale Anzahl der täglich fortzuschaffenden Kehrichtfuhren 250; sie steigt aber z. B. bei einem mit Regen gemischten Schneefall auf 800 Fuhren und darüber. Dementsprechend giebt Heuser an, daß aus einer Stadt mit 50 km Straßenlänge, aus welcher an trockenen Tagen die Fortschaffung von 30—35 cbm Straßenkehricht zu bewirken ist, an nassen Tagen 90 bis 120 cbm fortzuschaffen sein würden.

Man bezieht die Straßenkehrichtmengen zuweilen auf den Kopf der Stadtbewohnerschaft; bei den sehr großen Verschiedenheiten in der Wohndichte und der „Verkehrsgröße" der Stadt sind die betreffenden Zahlen aber nicht leicht geeignet, auf andre Orte übertragen zu werden. Baumeister (a. a. O.) giebt eine Zusammenstellung mit Beziehung auf 1 m Straße und 1 Kopf der Stadtbevölkerung, beide für 1 Jahr geltend. Aus derselben werden hier folgende Zahlen wiedergegeben:

	Straßenkehrichtmenge für	
	1 m Straße	1 Kopf
Berlin	540 l	170 l
Bremen	— „	180 „
Frankfurt	50 „	50 „
Hannover	140 „	100 „
Lüttich	330 „	330 „
Paris	100 „	400 „
Rom	670 „	430 „
Stuttgart	310 „	160 „
Wien	1200 „	470 „
Mittel . .	371 l	254 l

Wie sehr die auf den Kopf bezogenen Zahlen dem Wechsel unterworfen sind, auch unbeeinflußt von Witterungszuständen, lehrt das Beispiel Berlins. Hier betrug im Jahre 1879 die Kehrichtmenge pro Kopf 200 l, im Jahre 1885 dagegen nur 153 l, im Jahre 1890 nur 128 l und im Jahre 1895, mit einer geringen Erhöhung, 133 l. Diese Ermäßigung hat ihren Grund teils in den innerhalb des betrachteten Zeitraums vor sich gegangenen Verbesserungen in der Beschaffenheit des Straßenpflasters, deren Kosten daher in der Verminderung der Straßenreinigungskosten einen teilweisen Ersatz finden, teils in der Vergrößerung der Wohndichte. Um aber die Verbesserung vollständig zu würdigen, muß beachtet werden, daß in dem betrachteten Zeitraum die Straßenfläche sich um rund 25 % vergrössert hat, von etwa 700 ha auf 860 ha.

Dem Straßenkehricht rechnen auch diejenigen Schmutzmassen zu, welche aus den Straßenrinnen, den Einlässen einer bestehenden unterirdischen Kanalisation und aus den Einsteigeschächten der letzteren entnommen werden. Wo aber Selbständigkeit der Kanalisationsverwaltung, wie es z. B. in Berlin der Fall ist, besteht, bleiben die aus Einlässen und Kanälen entfernten Massen uneingerechnet. In London sind (nach Baumeister, Städtisches Straßenwesen und Städtereinigung) die Anteile an der Kehrichtmenge folgende: 80 % erfolgen von der Straßenfläche, 17 % aus den Einlässen, 3 % aus den Kanälen. Bei den besonderen Verkehrs- und klimatischen Verhältnissen Londons erscheint eine Uebertragung dieser Zahlen auf kontinentale Städte, insbesondere kleinere, nicht erlaubt.

§ 156. Zum Straßenkehricht im weiteren Sinne gehört auch der Schnee. Weder über seine Menge noch über seine zeitliche Verteilung ist irgend etwas

von allgemeinerer Gültigkeit mitzuteilen, da alles von örtlichen Verhältnissen abhängt. Ueber die „Wasserhaltigkeit" des Schnees sind ausführliche Angaben auf S. 187 ff. gemacht worden. In manchen Orten wird die Schneebeseitigung als „Nothilfe" angesehen und gemäß dieser Auffassung den Anwohnern der Straße als Verpflichtung auferlegt. An andern Orten fordert man von den Anliegern nur das Zusammenkehren des Schnees, und die Gemeinde übernimmt die Fortschaffung. Bei einer dritten Einrichtung wird von den Anwohnern nur die Freihaltung der Gehwege (Bürgersteige) von Schnee beansprucht, sei es mit, sei es ohne Fortschaffung der Schneemassen. Hingegen besteht vereinzelt aber auch die Einrichtung, daß die Gemeinde sogar die Räumung und Fortschaffung des Schnees von den Höfen — hinter den Häusern — leistet: in größeren Städten von gesundheitlichem Standpunkte aus beurteilt jedenfalls die zweckmäßigste Art der Schneebeseitigung. Indessen setzt schon die Uebernahme der Schneebeseitigung von den Straßen (Fahrstraße und Gehweg) durch die Gemeinde das Bestehen eines wohlorganisierten großen und elastischen Verwaltungsapparats voraus, der nicht überall geschaffen werden kann. Aber diese Einrichtung ist die einzig zweckmäßige; nur sie kann Sicherheit für ordnungsmäßige Ausführung des Werkes geben, und nur sie sollte deshalb wenigstens überall als notwendig zu erreichendes Ziel hingestellt werden. Um wie große Schwierigkeiten es sich aber bei der Lösung dieser Aufgabe handeln kann, zeigt die einfache Mitteilung von nur zwei Zahlen: Im Jahre 1893/94 mußten von den Straßen Berlins 4296 Fuhren Schnee entfernt werden, im Jahre 1894/95 dagegen 340 603 Fuhren — etwa das 80fache desjenigen des Vorjahres.

Schon die Auffindung von Abladestellen für derartige Massen kann in der Nähe von Städten, wo die Grundstücke intensiv kultiviert oder doch hochwertig sind, große Schwierigkeiten mit sich bringen. Zuweilen bietet sich das Mittel, die Schneemassen in offene Gewässer zu verstürzen, an andern Orten der Einwurf in unterirdische Kanalisationsleitungen. Letztere Beseitigungsmöglichkeit ist an gewisse Voraussetzungen bezüglich der Art der Leitungen, des Verbleibs des Kanalinhalts, der Unmöglichkeit des Einfrierens derselben und an das Vorhandensein besonderer Einrichtungen für den Schneeeinwurf gebunden, alles Punkte, auf die erst in Teil II des Buches näher einzugehen sein wird. Das Verstürzen der Schneemassen in offene Gewässer wird leicht mit den Anforderungen der guten Unterhaltung des Gewässers, oder mit Schiffahrts- oder strompolizeilichen oder Nutzungsinteressen in Widerspruch geraten, sei es, weil es sich um die plötzliche Zuführung unzulässig großer Wassermengen an einer Stelle handelt, sei es, daß mit dem Schnee dem Gewässer große Schmutzmengen zugeführt werden. Denn außer daß der Schnee gewisse Mengen von Staub, Ruß u. s. w. eingelagert enthält, ist demselben der Schmutz, der beim Abräumen von der Straßenfläche mit fortgenommen wird, beigemischt. Schnee von Straßen- und Hofflächen wird daher in der Regel eine mehr oder weniger stark verunreinigte Masse sein. Auch mit Rücksicht auf diesen Zustand erscheint es sehr erwünscht, daß die Bestrebungen, den Schnee durch Schmelzen mittelst Hitze von den Straßen zu entfernen, zu einem wirtschaftlich mehr befriedigenden Ergebnis, als es bisher vorliegt, gelangen möchten.

Wie durch Hitze kann Schnee auch durch Bestreuen mit Kochsalz zum Schmelzen gebracht werden; das Mittel ist nicht teuer, findet aber nur beschränkte Anwendung, weil es verschiedene Uebelstände mit sich bringt. Hauptsächlich ist es zur Freihaltung von Straßenbahngeleisen, von Rinnsteinen, Straßeneinlässen und Schachtdeckeln der Kanalisationsleitungen in Gebrauch. Zur Wirkung ist erforderlich, daß das Salz sich mit dem Schnee mischt. In Paris setzt man auf 1 qm Pflasterfläche und 1 cbm Schneehöhe etwa 20 g Salz zu; es bildet sich dann eine breiige Masse, welche man fortspült. Schattenseiten der Schneebeseitigung durch Bestreuen

mit Salz sind, daß die Luft über der Straßenoberfläche stark abgekühlt wird, und Passierende sich leicht Erkältungskrankheiten zuziehen, um so leichter, als das Salzwasser Schuhwerk und Kleider stark angreift, auch nicht rasch wieder trocknet; ebenfalls wird das Pflastermaterial der Straße — besonders aber Macadam — stark angegriffen. Es empfiehlt sich immer, mit dem Salzstreuen erst zu beginnen, wenn der Straßenverkehr — abends — nahezu aufgehört hat, und vor dem Wiederbeginn des Verkehrs die Straßen abzuspülen. — Ueber die Erfolge von Versuchen, das Salzstreuen durch reichliche Besprengung des Schnees mit salzigem Wasser zu ersetzen, ist bisher nichts Näheres bekannt geworden. —

Wo es sich, wie in südlichen Ländern, nur um geringe Schneemassen handelt, legt man zweckmäßig in Straßen oder auf Plätzen unterirdische Behälter von einer entsprechenden Größe an, in die der Schnee verbracht wird; dies Verfahren ist z. B. in oberitalienischen Städten (Turin) üblich.

§ 157. Die Beschaffenheit des Straßenkehrichts wird von zahlreichen Faktoren beeinflußt. Zunächst ist dabei auf die im § 155 erwähnten Ursachen der Enstehung zu verweisen. Alsdann kommen aber Wechsel innerhalb des Weichbildes derselben Stadt vor. In dem verkehrsreichen Zentrum der Stadt, wo auch die Beschaffenheit der Straßen gewöhnlich besser, die Wohndichte größer ist, wird die Beschaffenheit des Straßenkehrichts eine andre sein, als näher dem Stadtumfang, wo die hervorgehobenen Faktoren nicht wirken. Alsdann übt jedenfalls die Art und Weise, wie die Regen- und Schmutzwasser-Ableitung aus der Stadt erfolgt, eine größere Wirkung. Wo die Ableitung beider Arten von Wassern unterirdisch geschieht, wird der Straßenkehricht weniger Schmutzstoffe und mehr Detritus, Sand u. s. w. enthalten, als der, wo die genannten Wasser oberirdisch in Rinnen abgeleitet werden. Bei unterirdischer Ableitung der Wasser wird wahrscheinlich auch die Kehrichtmenge geringer sein als bei oberirdischer; doch sind weder hierzu, noch was die Unterschiede in der Beschaffenheit betrifft, Beobachtungsergebnisse bekannt. Immer sind dem Straßenkehricht gewisse Mengen von Hauskehricht beigemischt, die beim Transport des letzteren über die Straße verbreitet werden. Reichliche Sprengung der Straßen befördert die Ansammlung von Schmutz und wirkt verändernd auf seine Beschaffenheit; er kann dadurch in Zeiten von Volksseuchen zur Ausbreitung der Keime beitragen.

Der Straßenkehricht enthält, neben tierischem Dünger, aus dem menschlichen Haushalte und vom Baumwuchs stammenden Resten organischer Herkunft mineralische Bestandteile aus der Abnutzung der Straße, Eisenpartikel von dem Hufbeschlag der Zugtiere, in ziemlich großer Menge, Sand und Staub. Die mineralischen Bestandteile sind scharfkantig, können also, in die Luftwege eingeführt, Verletzungen der Gefäßwände mit sich bringen. Die organischen Anteile bilden einen günstigen Nährboden für mikroskopisches Leben, besonders wenn die Straßen etwas feucht liegen. Bei der Zersetzung entwickeln sich üble Gerüche in Menge, besonders aus dem Harn und den festen Absonderungen der Pferde; ersterer giebt das Material zu reichlicher Ammoniakbildung her. Ein Unterschied in diesen Vorgängen stellt sich mit Bezug auf die Beschaffenheit des Straßenpflasters heraus. Kehricht, der auf Pflastermaterial liegt, welches Wärme wenig leitet, vielmehr stark aufspeichert — wie z. B. die dichteren Gesteinsarten als Granit, Basalt, auch Asphalt u. s. w. — wird stärker erhitzt als der auf wärmeleitendem Pflaster erzeugte; dadurch werden sich entsprechende Verschiedenheiten in der Raschheit und den Produkten des Zersetzungsvorganges herausstellen.

Der Kehricht von Kalksteinpflaster ist von mehliger, und darum bei trockenem Wetter stark stäubender Beschaffenheit; bei nasser Witterung bildet derselbe — entsprechend eine etwas klebrige, zähe Masse. Dadurch wird derselbe nicht nur als

Mörtelmaterial geeignet, sondern auch zur Herstellung von geringwertigen Kunststeinen (sogen. Cendrinsteinen) brauchbar. Ebenfalls ist Kehricht von Kalksteinstraßen zur Fabrikation von Zement brauchbar, wenn demselben die entsprechenden Mengen von Thonerde, Kieselsäure u. s. w. zugesetzt werden.

Der Kehricht von Holzpflaster enthält vorzugsweise organische Stoffe (tierischen Dünger, Holzpartikel u. s. w.). Der Kehricht von Asphaltpflaster besteht fast ausschließlich aus organischen Stoffen, da der Asphalt selbst kaum oder nur sehr wenig abnutzt, dagegen allerdings der Zusatz von Kies, den derselbe erhält.

Der Kehricht von Granit-, Porphyr-, Grauwacken-, Sandsteinpflasterung und von macadamisierten Straßen ist reich an mineralischen Stoffen, die ohne Wert und bloßer „Ballast" sind.

Im Sommer werden dem Straßenkehricht in der Regel auch gewisse Mengen von Bauschutt und von Baumaterialien (Resten von Natur- und Ziegelsteinen, von Aetzkalk und von zubereitetem Mörtel) beigemischt sein.

Große Wechsel in der Beschaffenheit des Straßenkehrichts ergeben sich mit den Wechseln der klimatischen Verhältnisse. In heißer Jahreszeit werden Dungstoffe verflüchtigt, bei Regenwetter ausgewaschen.

Aus den vorstehenden Angaben ist zu erkennen, daß die Möglichkeiten der Nutzung des Kehrichts sehr wechselnde sind, daß, abgesehen von besonderen Fällen, die Beseitigungskosten des Kehrichts durch die Nutzung desselben nicht gedeckt werden können, sondern die Stadt mehr oder weniger erhebliche Zuschüsse zu leisten haben wird. Vogel (a. a. O.) giebt eine Anzahl Analysen von Straßenkehricht, die einen näheren Einblick in die Wechsel der Beschaffenheit des Kehrichts gewähren, und außerdem ein gewisses Urteil über die Wechsel in den Straßenreinigungskosten erlauben.

Nr.	Wasser	Trockengehalt	Davon organisch	Asche insgesamt	Asche davon in Säuren löslich	Asche davon in Säuren unlösl.	Stickstoff	Phosphorsäure	Kali	Kalk
	Prozent			Prozent			Prozent			
1	1,00	99,00	7,21	91,32	33,56	57,76	0,21	0,51	0,05	7,84
2	0,00	100,00	11,66	88,34	12,26	76,08	0,43	0,69	0,12	0,81
3	10,04	89,96	1,86	88,19	14,48	73,71	0,24	0,02	0,59	2,70
4	8,14	91,86	3,45	88,26	55,56	32,70	0,06	0,08	1,00	4,25
5	51,88	48,12	13,11	35,01	4,30	30,71	0,24	0,36	0,22	0,95
6	32,78	67,22	12,52	54,70	8,05	46,65	0,29	0,30	0,21	1,26
7	37,25	62,75	9,95	52,80	7,01	45,79	0,23	0,37	0,38	0,84
8	30,20	69,80	9,51	60,29	8,70	51,59	0,33	0,46	0,33	1,05
9	39,89	60,11	22,44	37,67	—	—	0,48	0,45	0,37	1,89
10	0,00	100,00	31,20	68,80	9,33	59,47	0,47	0,53	0,23	—
11	—	—	22,88	64,10	—	—	0,39	0,60	0,31	3,17

Herkunft der Proben:

Nr. 1. Von einer Straße in der Nähe von Bern, ohne nähere Angabe.
Nr. 2. Von Granitpflaster, nach der Schneeschmelze entnommen.
Nr. 3. Von einer mit Basalt belegten Straße.
Nr. 4. Von einer Anamesitsteinschlagdecke (Basalt) im Frühjahr entnommen.

Nr. 5—8. Dresdener Straßenkehricht: Nr. 5 von Asphaltpflaster; Nr. 6 von Syenitpflaster; Nr. 7 und 8 nach einjähriger Lagerung des Kehrichts entnommen (Komposterde).

Nr. 9. Von Berliner Asphaltpflaster, im Juli entnommen.

Nr. 10 u. 11. Von Brüsseler Straßenpflaster.

Eisen, Chlor, Natron, Magnesia, Schwefelsäure und andre Stoffe, die sich im Straßenkehricht finden, sind hier nicht angegeben. Bei den geringen Mengen der Pflanzennährstoffe, die nach den Analysenergebnissen im Straßenkehricht im allgemeinen nur enthalten sind, verträgt derselbe längere Transporte nicht und müssen dem Acker große Mengen zugeführt werden. Vogel (a. a. O.) empfiehlt den Straßenkehricht auf ganz leichten Sandboden in der Menge von 80000 kg bei guter, und der doppelten Menge bei schlechter Beschaffenheit des Kehrichts auf 1 ha Acker aufzubringen, unter Mitverwendung noch von Kainit und Thomasmehl. Zum Lagern sei nur der an Dungstoffen reichere Kehricht zu benutzen, der geringwertiger frisch aufs Land zu schaffen. Ein Zusammenmengen mit Hauskehricht sei wegen der schwierigen Hantierbarkeit des letzteren im allgemeinen nicht anzuraten, sondern nur in dem Falle, wo man auch die menschlichen Absonderungen zusetzt.

In England entledigt man sich auch des Straßenkehrichts zuweilen durch Verbrennung. Wenn man die im Vergleich zum Hauskehricht (S. 257) geringe Menge der organischen Stoffe, welche der Straßenkehricht nur enthält, in Betracht zieht, so ersieht sich, daß die Beseitigung auf diesem Wege besondere Schwierigkeiten bietet, und viel eher als bei Hausmüll hier der Gedanke an eine anderweite Beseitigungsweise sich aufdrängt. Unmittelbare landwirtschaftliche Nutzung scheint hier auch aus dem andern Grunde angezeigt, daß Ausbreitung von gesundheitlichen Schädlichkeiten mit dem Straßenkehricht im allgemeinen viel weniger zu fürchten ist, als Ausbreitung mit Hauskehricht. Doch beherbergt auch der Straßenkehricht mikroskopisches Leben in fast unzählbaren Mengen.

§ 158. Mit der Straßenreinigung steht die Straßenbesprengung in unmittelbarer Wechselbeziehung. Durch die Besprengung wird dem Aufwirbeln von Staub gewehrt, indem die von der Sonnenbestrahlung getroffenen Straßenflächen gekühlt werden, wird die Luft der Straßen durch Vermehrung ihrer Feuchtigkeit „angefrischt". Anderseits wird durch die Besprengung der Schmutz auf der Straßenfläche festgeklebt, dieser in einem gewissen Feuchtigkeitszustande erhalten und so als Nährboden für mikroskopisches Leben geeigneter gemacht. Aus letzterem Grunde kann es beim Bestehen gewisser Epidemieen rätlich sein, die Straßenbesprengung vorübergehend einzustellen. Die Sprengung ist an heißen Tagen nicht nur einmal, sondern mehreremal auszuführen; das Bedürfnis dazu macht sich auf den während längerer Zeit bestrahlten Straßen und Plätzen am stärksten geltend; desgleichen hängt dasselbe von der Fähigkeit des Pflastermaterials Wärme aufzusammeln, von der Untergrundbeschaffenheit, endlich von der Höhenlage der Straße ab. Feuchter Untergrund und hohe Lage der Straße ermäßigen das Bedürfnis. Die jährliche Dauer Sprengzeit (Saison) kann in Deutschland zu 120—180 Tage angenommen werden, nämlich von Anfang April bis Ende September.

Der Wasserbedarf zum Sprengen hängt in hohem Grade von der Art ab, wie die Sprengung ausgeführt wird. Es werden dabei Sprengung mittelst Schlauch und mittels Wagen unterschieden. Bei der Schlauchsprengung — unmittelbar aus Hydranten — wird das Wasser unter einem mehr oder weniger hohen Druck und in mehr oder weniger konzentriertem Strahl in flacher Richtung auf die Straßenfläche geschleudert. Folge dieser Ausführungsweise ist, daß an der getroffenen Stelle zunächst Staub aufgewirbelt wird und weiterhin eine Fortspülung, ein Voraustreiben — Sammeln — des Schmutzes stattfindet. Um denselben nach bestimmten Stellen in die Rinnen oder auch zu den Straßeneinlässen zu treiben, werden

größere Wassermengen erfordert. Durch die Schwierigkeit der Hantierung des schweren Schlauchs und die daraus sich leicht ergebende Ungleichmäßigkeit in der Wasserverteilung bedingt die Sprengung aus Schläuchen einen relativ hohen Wasserverbrauch, der leicht so groß werden kann, daß er für Städte mit nicht reichlicher Wasserversorgung unerschwinglich wird. Daher sieht man auch nur Städte, die mit dem Wasser nicht zu geizen brauchen, sich der Straßensprengung mittelst Schlauch bedienen. Derselbe ist wesentlich geringer, wenn mittelst Wasserwagen gesprengt wird. Der Behälter der Wasserwagen faßt 1000, oder 1250, oder 1500 oder 2000 l. Bis 1500 l genügt Bespannung mit 1 Pferd. Gewöhnlich ist die Einrichtung so, daß das Wasser aus Durchlochungen eines etwa 1,5—2 m langen Rohrs, welches quer hinten am Wagen in geringer Höhe über dem Pflaster angebracht ist, austritt, wobei es einigermaßen senkrecht auftrifft. Da auch die Druckhöhe nur gering ist, findet nur geringe Staubaufwirbelung statt, und ebensowenig Zusammenschieben des Schmutzes; endlich wird auch eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Wassers auf der Fläche erzielt. Je nach der Gangart der Bespannung beträgt der Wasserverbrauch für 1 qm Sprengfläche 0,75—1 l.

In Berlin ergiebt sich bei dieser Besprengungsweise einer Straßenfläche von 4850000 qm ein Jahreswasserverbrauch von reichlich 800000 cbm, oder ein Bedarf von 165 l für 1 qm in der „Sprengsaison“, die vom 1. April bis 1. Oktober rechnet. Berücksichtigt man, daß an einer gewissen Anzahl von Tagen wegen Regenfalles nicht gesprengt zu werden braucht, so berechnet sich für 1 qm Straßenfläche und 1 Tag ein Bedarf von rund 1 l.

Der in Rede befindlichen Sprengweise ist der Uebelstand eigen, daß die Ausführung etwas zeitraubend ist, weil der von dem Sprengrohr beherrschte Breitenstreif der Straße nur geringe Breite (1,5—2 m) hat; in verkehrsreichen Straßen tritt durch das längere Zeiterfordernis auch eine merkliche Störung des Verkehrs ein. Man kann diesem Uebelstande dadurch abhelfen, daß man anstatt des Sprengrohrs ein kurzes Schlauchende mit Brausekopf benutzt. Ein dem Sprengwagen unmittelbar folgender Arbeiter knüpft die Brause in eine Schnur ein und schwenkt dieselbe hin und her, wodurch die Verteilung des Wassers auf einen beliebig breiten Streifen der Straße erfolgt. Das Wasser trifft aber hierbei die Straßenfläche weniger günstig und wird auch weniger gleichmäßig auf derselben verteilt.

Anderweit wird das Sprengrohr durch ein Segnersches Rad mit wagrecht liegender Achse ersetzt. Das Wasser tritt vermöge Wirkung der Zentrifugalkraft mit einem gewissen Druck aus. Auch bei dieser Anordnung beherrscht der Sprengwagen einen vergrößerten Breitenstreif; es scheint aber, daß diese Sprengweise nur da zweckmäßig Anwendung findet, wo es darauf ankommt, die Straße nicht nur mäßig anzufeuchten, sondern abgelagerten Schmutz durch stärkere Annässung und den Druck des Wassers aufzuweichen.

Uebrigens ist die Frage: ob Sprengung mit Schlauch oder Wagen beschafft werden soll? nicht mit einer einzigen Antwort abzuthun. Wo der Kehricht eine gewisse Konsistenz hat, wie auf Asphalt- oder Holzpflaster, ist Sprengung mit Schlauch am geeignetsten. Desgleichen mag man breite Straßen- und Promenadenwege, namentlich wenn der Wagenverkehr gering ist, am zweckmäßigsten mit Schlauch besprengen, ebenfalls breite Gehwege vor den Häuserreihen. Mit diesen Ausnahmen erscheint aber Sprengen mit gewöhnlichen Sprengwagen am zweckmäßigsten, sowohl was die Wirkung als was die Kosten anbetrifft.

Die Tagesleistung eines gewöhnlichen Sprengwagens ist von der Lage der Entnahmestellen des Wassers und der Füllungsweise des Behälters abhängig. Wird das Wasser aus Hydranten entnommen, die im Sprenggebiete selbst oder dicht benachbart liegen, so sind mit kleinen Wagen 60000—80000 qm, mit großen 90000 bis 120000 qm Straßenfläche durch einen Sprengwagen täglich besprengbar. —

Die Entfernung des Kehrichts von der Straßenfläche soll „staubfrei" geschehen; es ist auch dazu Besprengung notwendig. Wo mit Hand gekehrt wird, benutzt man meist gewöhnliche Brausen; wo größere Leistungen zu bewältigen sind, besonders wo Kehrmaschinen in Thätigkeit sind, ist mit Schlauch oder Wagen wie vor zu sprengen.

Die Hygiene stellt die Anforderung, daß das zum Sprengen benutzte Wasser rein sei. Es können mit infiziertem Wasser Schädlichkeiten ausgebreitet werden, während mit bloß schmutzigem Wasser zu dem bereits vorhandenen Schmutz noch weiterer auf die Straße getragen wird. Wo die Beschaffung von reinem Wasser hohe Kosten erfordert, wird man gern das Wasser offener Gewässer benutzen, oder für Spreng- und Feuerlöschzwecke — auch vielleicht noch für andre Zwecke — eine besondere Zuleitung anlegen, wie vielfach ausgeführt ist. Es ist dann aber nötig, Vorkehrungen zu treffen, daß solches Wasser nicht als Trinkwasser oder zu häuslichen Zwecken entnommen werden kann.

Es kommen namentlich in England viele Anlagen vor, bei denen man die Kosten der Straßensprengung durch Benutzung von salzigem Wasser herabzieht. Das Wasser kann entweder künstlich mit Salz versetzt, oder als Meer- oder auch sogen. Brackwasser entnommen werden. An Stelle von mit Kochsalz versetztem Wasser hat man auch Wasser mit einem Zusatz von Chlorcalcium benutzt. Die Ersparnis tritt in der Weise ein, daß die Sprengung mit gesalzenem Wasser viel weniger oft notwendig ist, als die mit reinem Wasser, weil ersteres weniger leicht verdunstet, vielmehr auf der Straßenoberfläche gewissermaßen eine dünne Kruste bildet.

In Great Yarmouth entnimmt man das zur Sprengung erforderliche Salzwasser dem Meere durch eine in der Stadt verzweigte Röhrenleitung von etwa 15 km Ausdehnung. Das Wasser muß durch Pumpen 14 m hoch in ein Reservoir gehoben werden. Der jährliche Bedarf an Süßwasser betrug 32 000 cbm; von dem Meerwasser gebraucht man nur 23 000 cbm. Indem das Süßwasser dort 22 Pfg., das Seewasser nur 5 Pf. 1 cbm kostet, verwirklicht man eine Jahresersparnis von rund 7500 Mk. Aehnlich günstige Erfahrungen sollen in einer Anzahl anderer englischer Städte gemacht sein; auch soll die Straßenbefestigung durch den Salzgehalt des Sprengwassers nicht leiden; es ist nur nötig, vor Eintritt der regenreichen Jahreszeit die Straßen sorgfältig von Schmutz zu befreien, der ziemlich fest anklebt*).

Wenn auch etwaige Befürchtungen über Zerstörungen an der Straße durch den Salzgehalt des Sprengwassers unbegründet sein sollten — was in Bezug auf macadamisierte Straßen kaum anzunehmen ist — so scheint doch die andre Thatsache festzustehen, daß bei Salzwasserbesprengung der Reinheitszustand der Straße nur mangelhaft ist.

§ 159. In Bezug auf die Pflicht zur Straßenreinigung bestehen in Deutschland zur Zeit die allerverschiedensten Rechtsverhältnisse; doch bildet sich in der neueren Zeit mehr und mehr Einheit heraus. In den kleinen Städten ist die Straßenreinigung meist den Anwohnern auferlegt; in größeren pflegt bezüglich der Fahrstraße die Gemeinde einzutreten und den Anwohnern nur die Reinigung der Gehwege (Bürgersteige) zugewiesen zu werden. In noch andern Fällen beschränkt die Pflicht der Anwohner sich auf die Befreiung der Gehwege und Rinnsteine von Schnee und Eis. Vereinzelt wird von den Anwohnern nicht nur die Zusammenkehrung des Straßenschmutzes, sondern auch die Fortschaffung desselben verlangt, während in Großstädten die Gemeinde sowohl die Zusammenkehrung als auch die Fortschaffung des Straßenschmutzes zu übernehmen pflegt.

*) Cockrill, Exc. Min. of Proceedings of the Inst. of Civ. Engineers. Vol. CX. 9. 1891/92.

In allen Fällen ist es die Höhe der Kosten, welche die Stadt abhält, das Straßenreinigungsgeschäft in seinem ganzen Umfange auf die eigenen Schultern zu nehmen. Denn daß dies die einzig richtige Ordnung der Sache sowohl vom Standpunkte des Verkehrs, als der gesundheitlichen Interessen ist, kann nicht bezweifelt werden. Wo dieselbe Leistung auf Hunderte oder Tausende von Anwohnern verteilt ist, werden Ungleichmäßigkeiten, Unordnungen und Ungehörigkeiten selbst durch strengste polizeiliche Kontrolle nicht zu beseitigen sein, schon aus dem Grunde nicht, weil es an einem gleichmäßig geübten Personal und Gleichmäßigkeit der Gerätschaften fehlt. Wo dies etwa vorhanden, kann es nicht voll ausgenutzt werden. Technische Fortschritte in der Durchführung der Aufgabe sind so gut wie ausgeschlossen. Endlich — und dies ist ein wichtiger Punkt besonders in großen, dicht bebauten Städten — geht es nicht an, den Anwohnern die Verpflichtung aufzuerlegen, das Straßenreinigungsgeschäft während der Nachtstunden auszuführen, eine Ordnung der Sache, die neuerdings als die einzig richtige angesehen wird. Sie hat den Vorteil, daß der Verkehr sowohl als das Reinigungsgeschäft sich ungestört durcheinander vollziehen lassen, und sie schützt die Stadtbewohner vor Staubzutritt und Verbreitung von Schmutz u. s. w. in die Häuser. Die Einführung nächtlicher Straßenreinigung muß daher das Ziel aller Städte sein, das aber nur erreichbar ist, wenn die Städte selbst die ganze Aufgabe in eigene Verwaltung nehmen. Ein Grund, der scheinbar gegen die nächtliche Reinigung spricht, liegt in der Beschaffenheit der öffentlichen Beleuchtung. Allein die Erfahrung in einer Reihe von Städten hat gelehrt, daß die gewöhnliche Beleuchtung ausreichend ist, und es daher nur auf entsprechende Brenndauer der Straßenlaternen ankommt. Dies gilt wenigstens, wenn die Reinigung mit Kehrmaschinen bewirkt wird, was freilich einen gewissen, nicht allzu niedrig liegenden Gütezustand der Straßenoberfläche zur Voraussetzung hat. Aber die Benutzung von Kehrmaschinen bietet den sehr in die Augen springenden Vorteil, daß die Leistung von einer Kehrmaschine ebenso groß ist, wie die von 10—15 Arbeitern, daher schnell vor sich geht und dabei nur $^1/_6$—$^1/_3$ der Kosten der Handarbeit erfordert. Daher gesellt sich der Forderung nach Einführung nächtlicher Straßenreinigung, die andere nach Ausführung der Reinigung mit Maschinen in fast zwingender Weise hinzu. Beides aber kann nur die Gemeinde, nicht der einzelne Stadtbewohner leisten.

Wenn aber die Gemeinde die Straßenreinigung — eingerechnet die Abfuhr des Kehrichts und die Straßensprengung — bewirkt, so bleibt noch zweierlei möglich: daß sie gleichzeitig die Abfuhr des Hauskehrichts übernimmt, oder aber letztere der Sorge der Hausbewohner nach wie vor überläßt. Bei der Wahl zwischen diesen beiden Möglichkeiten ist zu beachten, daß Haus- und Straßenkehrichtabfuhr nicht nur wegen ihrer gemeinsamen Einwirkung auf den Reinheitszustand der Straßen, sondern auch deswegen in einem innern Zusammenhange stehen, weil die Stadt für Abladeplätze beider Kehrichtgattungen zu sorgen hat, und weil für beide dieselben Geräte, dieselbe Transportweise, dieselbe Behandlung bis zum schließlichen Verbleib gelten. Bei der Zusammenfassung beider Aufgaben in einer Hand, wird daher den wirtschaftlichen wie den gesundheitlichen Interessen am vollkommensten Rechnung getragen. Gewöhnlich wird aber auch das rein fiskalische Interesse der Stadt bei der Uebernahme der Hauskehrichtabfuhr voll zu seinem Rechte kommen, weil die dafür von den Stadtbewohnern zu erhebende Abgabe leicht so bemessen werden kann, daß die Stadt ihre Kosten reichlich gedeckt erhält, ohne daß die Stadtbewohner höhere Kosten zu tragen haben als diejenigen, welche die „Selbstregie“ ihnen auferlegt. Denn die Zusammenfassung des Betriebes in einer großen Hand arbeitet viel weniger teuer als der in die Hände von Hun-

derten von einzelnen gelegte Betrieb, den man zutreffend als „verzettelt" zu bezeichnen hat.

Wo die Stadt nicht mitwirkt, kann ein relativ verbesserter Zustand dadurch geschaffen werden, daß eine oder mehrere größere Gruppen von Hauseigentümern sich freiwillig zusammenthun und den Transport des Hauskehrichts — eventuell auch Straßenreinigung und Abfuhr des Straßenkehrichts — durch einen oder mehrere geeignete Unternehmer ausführen lassen. Durch Ortsstatut oder Polizeiverordnung ist alsdann die nötige Einheitlichkeit in der Ausführung und eine ständige genaue und allseitige Ueberwachung des Betriebes sicher zu stellen.

§ 160. Nachstehend folgt als Beispiel der Abdruck der über die Kehricht- u. s. w. Abfuhr in Berlin zur Zeit geltenden Bestimmungen; dieselben sind erst am 30. Januar 1895 erlassen worden.

§ 100. Haus- und Wirtschaftsabgänge, insbesondere Müll, Asche, Schlacken, Abraum, Schutt, Kehricht, Moder, Küchen- und Fleischabfälle, Knochen, Lumpen u. s. w. dürfen auf der Straße nur in völlig undurchlässigen, geschlossenen Behältern transportiert werden.

Wagen, welche zur Abfuhr derartiger Stoffe dienen, müssen, wenn letztere nicht mit den Behältern selbst verladen werden, gleichfalls vollkommen undurchlässig und mit dicht schließenden Deckeln, Schiebern, Klappen oder dergl. versehen sein, auch während des Transports beständig geschlossen gehalten werden. Sollen Haus- und Wirtschaftsabgänge auf der Straße in Abfuhrwagen geschüttet werden, so ist durch entsprechende Einrichtung der Wagen und der zum Transport bis zu denselben benützten Behälter, oder durch andre geeignete Vorrichtungen dafür zu sorgen, daß eine Verunreinigung der Straße, insbesondere auch eine Entwickelung von Staub und üblen Gerüchen vermieden wird.

Das Polizeipräsidium behält sich vor, im Einvernehmen mit dem Magistrate, Abfuhrsysteme, welche den Anforderungen des vorstehenden Absatzes in ausreichendem Maße genügen, oder welche denselben nicht, bezw. nicht mehr entsprechen, öffentlich bekannt zu geben.

§ 100 a. Die Bestimmungen des § 100 gelten auch für die Fortschaffung bezw. Abfuhr von menschlichen und tierischen Exkrementen, mit Ausnahme des kurzen und trockenen Pferdedüngers, sobald derselbe nicht mit anderem Dünger gemischt ist, sowie von allen übel riechenden Stoffen.

§ 100 b. Die Kehrichtwagen der städtischen Straßenreinigung müssen undurchlässig und mit gut schließenden Deckeln versehen sein, welche nach vollendeter Beladung geschlossen zu halten sind. Die Deckel dürfen so lange offenbleiben, als die Wagen behufs Beladens von einer Ladestelle zur andern rücken.

§ 100 c. In den §§ 100 und 100 a nicht bezeichnete Gegenstände, welche flüssig oder leicht verstreubar sind, leicht abbröckeln oder Staub entwickeln, dürfen nur in solchen Behältnissen oder Umhüllungen transportiert werden, die verhindern, daß von ihrem Inhalt irgend etwas aus- oder überfließt, durch- oder herabfällt, verweht wird, oder sonstwie verloren geht.

Bei den Wagen, welche mit Sand, Erde, Lehm, Kies, Lohe, Grus, kurzem oder trockenem Pferdedünger, Schnee, Ziegeln, Bruch-, Kalk-, Pflaster- oder andern Steinen, klein geschlagenen Mauerziegeln und ähnlichen Gegenständen beladen sind, müssen die Boden- und Seitenbretter sowohl untereinander wie gegenseitig dicht zusammenschließen. Vorn und hinten ist eine gut passende Schütze anzubringen. Sie muß zwischen zwei Schützenleisten eingeschoben sein, die auf den Boden- und Seitenbrettern befestigt sind. Die vordern und hintern Rungschemel müssen durch Spannketten zusammengehalten werden. Die Ladung darf über die Seitenbretter und die Schützen nicht hinausragen.

Bei den zum Transport flüssiger Gegenstände bestimmten Wagen muß das Obergestell derselben auf Federn ruhen. Die Kastenbretter müssen gespundet, die Kastenwände untereinander und mit dem Boden durch eiserne Ränder und Bolzen gehörig verbunden, auch die Deckel durch Scharniere befestigt sein. Zum Zweck der Entladung kann in einer oder in beiden Seitenwänden eine Oeffnung vorhanden sein, die durch eine in Scharnieren gehende Klappe wasserdicht verschließbar ist.

Daß auch mit Vorschriften, wie den vorstehenden, weil sie das Einschütten des Kehrichts in größere Wagenkasten voraussetzen, keine staubfreie Kehricht-

abfuhr erreichbar ist, liegt auf der Hand. Diese würde nur erreichbar sein, wenn man den Transport in dicht verschlossenen kleinen Behältern, welche auf eine Wagenplattform gestellt werden, fordert. Welcher anderweite Uebelstand dabei eingetauscht wird, ist bereits S. 253 angegeben worden.

Die obige Verordnung bezieht sich nicht auf den Fall, wo der Abtransport des Kehrichts zu Schiff erfolgt. Bei dem geringen Gewicht desselben können die Schiffsgefäße bis weit über Bordhöhe (gehäuft) beladen werden. Es ist dadurch reichliche Gelegenheit zum Angriff durch Wind gegeben, bei dem beträchtliche Staubmengen ins Wasser und weit auf die anliegenden Ufer geführt werden können. Hier wäre mindestens zu fordern, daß mit Kehricht beladene Schiffsgefäße mit dichten Decken versehen sein müssen, die den Angriff der Kehrichtmassen durch Wind verhindern.

§ 161. Besonders arge Belästigungen und Gefahren bringen in dicht bebauten Städten Gebäudeabbrüche und Transport des Bauschutts außerhalb der Stadtgrenzen mit sich, weil die Massen sich im Zustande besonderer Trockenheit befinden, die Erzeugungsstellen des Schuttes hoch liegen und die spezifische Beschaffenheit des Bauschuttes spezielle Gefahren: Verbreitung von Hausschwamm und von pathogenen Keimen verschiedener Art in sich birgt.

Eine fernere Gefahr liegt in der üblichen Benutzungsweise des Bauschuttes zur Aufhöhung von Straßen, Plätzen und Baustellen, wodurch die etwaigen Schädlichkeiten eine weite Ausbreitung gewinnen und sich für lange Zeit geltend machen können.

Das Verfahren bei Gebäudeabbrüchen, der Transport von Bauschutt und dessen Verbleib sollten daher überall strenger gesundheitspolizeilicher Ordnung unterstellt werden. Zu fordern wäre gleichfalls, daß mit Bauschutt bedeckte Plätze erst nach Ablauf einer gewissen Frist überbaut, mit Bauschutt aufgefüllte Straßen u. s. w. erst nach Ablauf einer gewissen Frist gepflastert werden dürfen. Dieselbe wäre so zu bemessen, daß der eintretende Zersetzungsvorgang der organischen Stoffe Zeit hat zu Ende zu kommen. Ganz besondere Vorsicht ist nötig, wenn der Schutt auf so niedrig liegende Plätze verbracht wird, daß er demnächst von Wasser durchzogen wird; denn in diesem Falle werden auch in der Nähe befindliche Brunnen gefährdet sein.

4. Kapitel.

Menge, Beschaffenheit, Sammel- und Behandlungsweise des tierischen Düngers und anderer tierischer Abfälle.

§ 162. Die Tagesmengen der von den größeren Haustieren erzeugten Absonderungen sind:

Für ein Pferd 14 kg, oder im Jahr	5 000 kg
„ „ Stück Rindvieh 33 kg, oder im Jahr	12 000 „
„ „ Schwein 4 kg, oder im Jahr	1 500 „
„ „ Schaf und Ziege 2 kg, oder im Jahr .	700 „

Auf die Trockenform gebracht, ermäßigen sich diese Mengen auf bezw. 1200, 1600, 270 und 180 kg.

Durch die Streumittel (Stroh, Laub, Torfstreu) wird das Volumen der Absonderungen beträchtlich vermehrt und die Streumittel dienen gleichfalls dazu, die Schädlichkeiten, welche in den Absonderungen enthalten sind, weiter auszubreiten. Es ist bekannt, daß einige Infektionskrankheiten sowohl bei Menschen als Haustieren vorkommen, und von letzteren auf erstere Uebertragung stattfindet, wahrscheinlich auch umgekehrt. Von Tieren können auf Menschen übergehen der Milzbrand (Anthrax, Pustula maligna), der Rotz (Malleus), die Aktinomykose (Strahlenpilzkrankeit), der Schweinerotlauf, die Klauenseuche, der Rauschbrand. Ueber die Gegenseitigkeit der Uebertragung der Tuberkulose (beim Rindvieh Perlsucht genannt) sind die Ansichten bisher noch nicht ganz übereinstimmend.

Abgesehen von den hier berührten spezifischen Gefährdungen wird die Bedenklichkeit des tierischen Düngers besonders nach seinem Gehalt an Stickstoff beurteilt. Hierzu hat man folgende Jahresmengen ermittelt:

In den Absonderungen von	1 Pferd	33 kg
„ „ „ „	1 Stück Rindvieh . .	47 „
„ „ „ „	1 Schwein	9 „
„ „ „ „	1 Schaf	6 „

Bei wenig mehr als 4 kg Stickstoff, die ein Mensch in den Jahresabsonderungen abgiebt, ersieht sich aus den obigen Zahlen, daß die Beeinträchtigungen der Reinlichkeit, die Belästigung durch Gerüche, die besonderen Gefährdungen durch Sammlung der tierischen Absonderungen in der unmittelbaren Nähe des Menschen unerwartet große sind. Es muß dem entsprechend auf eine Reihe von Schutzvorkehrungen Bedacht genommen werden, worunter die wichtigsten folgende sind:

Die Stallräume sind streng von den Wohnhäusern zu sondern. Eine Trennung durch Mauern ohne Oeffnungen genügt nicht, vielmehr muß ein freier dazwischenliegender Luftraum vorhanden sein. Für den flüssigen Teil der Absonderungen ist Abfluß vom Stallfußboden und Sammlung in einer Grube mit dichtwandigen Umschließungen notwendig; der Stallfußboden muß wasserundurchlässig sein. Düngerstätten müssen eine Lage erhalten, daß das Tagewasser nicht zu denselben sich hinbewegt; die Fassungen derselben müssen wasserundurchlässig sein; bei nicht großer Tiefe genügt eine Schicht von plastisch angemachtem fettem Thon. Die Lage der Düngerstätte soll gegen Sonnenbestrahlung geschützt sein. Die Größe der Düngerstätte soll möglichst eingeschränkt werden; in Städten sind für dieselben gewisse Grenzen, eventuell bestimmte Entleerungsfristen festzusetzen; hier ist auch die Anlage gemauerter Düngergruben mit dicht schließender Abdeckung zu fordern.

Als Streu in Viehställen wird neuerdings Torfstreu (grob zerfaserter Moostorf) dem Stroh vielfach vorgezogen, teils wegen seiner Absorptionsfähigkeit für Feuchtigkeit, teils weil man eine weniger leichte Uebertragung von ansteckenden Krankheiten der Tiere dabei beobachtet haben will. — Hinsichtlich der Anforderungen, welche an die Transportweise des tierischen Düngers in Städten zu stellen sind, mag auf die betreffenden Vorschriften, welche für Berlin gelten (S. 267), verwiesen werden.

§ 163. Bei den Abfällen, die in Schlächtereien, auf Schlachthöfen und Abdeckereien erfolgen, muß immer mit der Möglichkeit der Ausbreitung spezifischer Gesundheitsschädigungen gerechnet werden, doch in sehr verschiedenem Maße. Am meisten zu fürchten ist die Verschleppung von Eingeweidewürmern, die sich in die beiden Ordnungen der Bandwürmer und Rundwürmer sondern. Aus ersterer

ist der gemeine Bandwurm (Taenia solium), aus letzterer die Trichine am wichtigsten. Neben denselben sind zahlreiche andre Arten, doch von minderer Wichtigkeit bekannt. Außer mit der Gefahr der Verschleppung von Eingeweidewürmern von Schlächtereien und Schlachthöfen aus, ist mit der Verschleppung von Tierseuchen aller Art zu rechnen, und fordert danach die Behandlung der hier fraglichen Abfallstoffe zu ganz besonderer Vorsicht heraus. Der Düngerwert dieser Stoffe ist geringer, als erwartet werden möchte. Vogel (a. a. O.) spricht sich zu diesem Punkte, sowie zu den Sicherungsmaßregeln gegen Gefahren wie folgt aus:

„Die auf den Schlacht- und Viehhöfen abfallenden, einesteils aus dem Inhalte von Magen und Darm, andernteils aus gewöhnlichem Stallmist bestehenden Abfälle sind im Vergleich zu gutem landwirtschaftlichem Stallmist als Düngemittel verhältnismäßig minderwertig. Da dieselben zudem unter allen Umständen als geeignet zur Uebertragung von Tierseuchen bezeichnet werden müssen, und da sie ihres geringen Düngerwertes wegen auch irgendwie erhebliche Beförderungskosten nicht tragen können, so sollten sie niemals im rohen Zustande abgefahren, vielmehr ausnahmslos zuvor zu Poudrette verarbeitet und dadurch von allen Keimen befreit und in ein verhältnismäßig wertvolles Düngemittel verwandelt werden. Der Erlös aus dem Verkauf der Poudrette deckt jedenfalls die Kosten der Herstellung; unter günstigen Umständen kann auch noch ein mäßiger Gewinn erzielt werden.

Keimfreiheit dieser Abfälle kann durch Durchschichtung mit Aetzkalk nicht erreicht werden.“

§ 164. Eine insonderheit bedenkliche Gattung von Abfallstoffen sind die in den Seuchenstationen (Seuchenhöfen) von Schlachthöfen und auf Abdeckereien erfolgenden gesundheitsschädlichen Teile von Tierkörpern und ganze dort zur Behandlung gezogene Tierkörper. Die ältere Sitte der Verscharrung der Tierleichen genügt gesundheitlichen Ansprüchen zu wenig, um überhaupt noch in stärker bevölkerter Umgebung geduldet werden zu können. Insbesondere ist mit der Gefahr der Ausbreitung von Tierseuchen zu rechnen, die von solchen Stätten ihren Ausgangspunkt nimmt.

Für die zweckentsprechende Beseitigung der hier fraglichen Abfallstoffe bleibt daher nur das Mittel der Zerstörung durch Hitze. Es genügt dabei aber nicht Kochen in offenen Gefäßen und nachherige Trocknung der Reste, weil dabei nur die zur sichern Tödtung aller Keime vielleicht nicht ausreichende Temperatur von 100° C. erreicht wird und weil mit dem Kochen im offenen Gefäß auch zu große Geruchbelästigungen der Umgebung verbunden sind. Dazu ist der erhaltene Rückstand so minderwertig, daß auch Bedenken wirtschaftlicher Art gegen dies Verfahren Platz greifen. Die erwähnten Bedenken gesundheitlicher Natur sind gegenstandslos, wenn einfache Verbrennung stattfindet; doch tritt dabei ein erheblicher Verbrauch von Brennmaterial ein, dem keinerlei Ertrag aus dem Verbrennungsrückstande gegenübersteht. Gesundheitlichen und wirtschaftlichen Interessen wird in vollkommener Weise durch Dämpfen in geschlossenen Gefäßen entsprochen, wobei eine Zerlegung der Massen in die drei Stoffe: Fett, leimhaltige Brühe und festen Rückstand stattfindet. Das Fett ist zu verschiedenen Zwecken verwendbar und verkäuflich; die beiden andern Teile sind als Düngemittel wertvoll.

In Bezug auf Form und nachträgliche Behandlung der gewonnenen Stoffe stimmen die bisher in Gebrauch genommenen Dämpfeinrichtungen nicht überein; alle aber erreichen den Hauptzweck: Keimfreiheit der Rückstände und Verhütung der Ausbreitung von üblen Gerüchen in vollkommener Weise. Und nicht nur das:

sie sind auch in der Lage, die Leistung kostenfrei oder noch mit einem geringen Gewinn zu bewirken.

Vermöge dieser günstigen Gestaltungsweise der Beseitigung der hier fraglichen Gattung von Abfallstoffen ist es möglich, die Sammelstätten derselben auch in die unmittelbare Nähe von Städten zu legen, wodurch wiederum gefährliche lange Transporte vermieden und die Kosten derselben entsprechend eingeschränkt werden. Es kann ferner gefordert werden, daß auch ländliche größere Orte oder Bezirke solche Einrichtungen treffen. Und es ergiebt sich endlich die Möglichkeit, diese Einrichtungen mit denjenigen, welche zur Behandlung und Beseitigung der menschlichen Absonderungen, oder des Haus- und Straßenkehrichts bestehen, unmittelbar zu verbinden, wenn bei beiden Trockeneinrichtungen vorkommen, die alsdann zur gemeinsamen Nutzung stehen und deren wirtschaftlicher Nutzen dadurch nur eine Erhöhung erfahren kann.

VIII. Abschnitt.

Allgemeines über die Reinigung von Abfallstoffen; Desinfektion und Desodorisation.

§ 165. Die Gesundheitspflege fordert außer der raschen Entfernung der Abfallstoffe aus der menschlichen Nähe die Ueberführung der fäulnisfähigen Bestandteile derselben in unschädliche Beschaffenheit. In erster Linie ist dabei an die Beseitigung der unmittelbaren Gefahr von Infektionen, in zweiter an die dauernde Erhaltung der Sicherheit gegen Infektionen und in dritter an eine Art und Weise der Ausführung gedacht, daß dabei nicht in unmittelbarer oder mittelbarer Weise Gesundheitsstörungen oder grobe Belästigungen entstehen. Hinsichtlich der Reinigung von mit Giften anorganischer Art beladenen Abfallstoffen wird Verdünnung bis zu einem solchen Grade gefordert, daß Vergiftungsgefahren aufhören.

Die Beseitigung der gegenwärtigen und späteren Infektionsgefahr fordert, im strengen Sinne gedacht, Keimfreiheit; im beschränkten Sinne Vernichtung der Virulenz nur der Schädlinge, oder auch Verhinderung der Vermehrung derselben. Bei den mittelbaren Gesundheitsstörungen u. s. w. ist im allgemeinen an Fernhaltung übler Gerüche, die bei Fäulnis sich bilden, gedacht. Auch die Fäulnis von organischen Stoffen hört bei einem gewissen Grade der Verdünnung auf, bedenklich zu sein.

Keimfreiheit für jetzt und dauernd läßt sich im allgemeinen nur bei geringen Mengen betreffender Stoffe erreichen; bei den großen Mengen der Abfallstoffe ist an die Erreichung dieses Ziels kaum zu denken und muß Annäherung an dasselbe, ein gewisser Grad von Wahrscheinlichkeit, genügen. Es bestehen jedoch Unterschiede darin sowohl mit Bezug auf die Form als die Art der Abfallstoffe. Kann man wohl in großen Mengen von Abfallstoffen der flüssigen Form Keimfreiheit wenigstens vorübergehend erzielen, so ist diese Möglichkeit bei größeren Mengen von Abfallstoffen, der halbflüssigen und sogen. trockenen Form, kaum vorhanden. Die menschlichen Absonderungen bedürfen, um Keimfreiheit zu erzielen, der Zufuhr größerer Mengen eines Desinfektionsmittels als andere fäulnisfähige Abfallstoffe; auch kann die zur Desinfektion erforderliche Zeit größer sein. Der Grund für diese Thatsache ist, daß jene Stoffe einen Teil des Desinfektionsmittels binden und daher wirkungslos für die Vernichtung der Keime machen.

Den Zustand der Keimfreiheit zu schaffen, ist Absicht der Desinfektion; den Zustand der Geruchlosigkeit erstrebt man durch die Desodorisation. Die

Befreiung flüssiger Abfallstoffe von den — sichtbaren — Schwimm- und Schwebestoffen ist Gegenstand der Klärung von Schmutzwassern; nebensächlich findet dabei in der Regel auch in gewissem Umfange Befreiung von im Wasser gelöst enthaltenen schädlichen Stoffen statt.

Völlige Keimfreiheit bei jedem Reinigungsverfahren von Abfallstoffen zu fordern, ist auch vom gesundheitlichen Standpunkte unnötig, da es nur darauf ankommt, die Schädlinge unter den Mikroben zu vernichten. Die Existenzmöglichkeiten der Schädlinge sind teilweise andre als die der gesundheitlich harmlosen Mikrobenarten, dazu auch nach den einzelnen Arten und Formen wechselnd, im allgemeinen aber bekannt. Daher ist nach dem Befunde der bakteriologischen Untersuchung ein Urteil darüber möglich, ob durch die stattgefundene Reinigung eine Vernichtung der pathogenen Mikroben erwartet werden darf oder nicht. Hierauf ist die Bedeutung der Forderung der Keimfreiheit von Abfallstoffen beschränkt; hierin ist aber auch die Ueberlegenheit der bakteriologischen Untersuchung der Reinigung unterworfen gewesener Abfallstoffe über die chemische Untersuchung begründet. Denn die chemische Untersuchung des durch die Reinigung erhaltenen Produkts kann wohl die einzelnen Bestandteile desselben ermitteln und gewisse Schlußfolgerungen erlauben, nicht aber ein Urteil über die Hauptfrage, nämlich darüber, ob die gereinigten Abfallstoffe noch infektionsfähige Bestandteile enthalten oder nicht? Hierzu setzt einzig der bakteriologische Befund in den Stand. Der Effekt der Desinfektion von menschlichen Absonderungen wird in der Regel daran erkannt, ob das darin enthaltene Bacterium coli commune vernichtet worden ist oder nicht. Dieses Bakterium kann als Prüfstein genügen, weil es gegen Desinfektionsmittel widerstandsfähiger ist als der Erreger des Typhus und erheblich widerstandsfähiger als der Cholerabazillus.

Flüssige Abfallstoffe müssen so weit gereinigt werden, daß mit dem abfließenden Wasser nicht Infektionsstoffe in offene Gewässer bezw. ins Grundwasser gelangen. Auch sonst muß die Reinigung soweit gehen, daß durch die Zuführung Flußwasser nicht für die gewöhnlichen Gebrauchszwecke ungeeignet und dem Fischleben nicht schädlich wird. Unmittelbare Gebrauchsfähigkeit des Flußwassers als Trinkwasser kann aber in der Regel nicht gefordert werden. — Die in einen Fluß u. s. w. eingeleiteten gereinigten Wasser müssen möglichst frisch sein. Wo dies wegen größerer Entfernung vom Flusse nicht ohne weiteres möglich ist, kann man künstlich vielleicht durch Zuführung reinen Wassers — Verdünnung — helfen.

Gewisse Reinigungsmittel oder -Verfahren bieten ihrer Natur nach die Gewähr, daß wenn auch nicht Keimfreiheit dadurch erzielt wird, so doch Infektionsfreiheit. Hierher gehört z. B. die Desinfektion durch Dampf. Hingegen bieten andre Reinigungsverfahren, wie z. B. dasjenige durch Filtration (und Berieselung), jene Gewähr nicht. Bei solchem Verfahren muß daher die Forderung der Keimfreiheit bei der Beurteilung der Leistung grundsätzlich aufrecht erhalten bleiben.

Alle drei Vorgänge: Desinfektion, Desodorisation und Klärung vollziehen sich in längerer Dauer durch die eigene Thätigkeit der Natur, wobei teils biologische Vorgänge, teils chemische Prozesse, teils physikalische Faktoren (Temperatur und Feuchtigkeit) mitwirken. Das Eingreifen der menschlichen Thätigkeit geschieht mit der Absicht, die „natürliche“ Dauer jener Vorgänge auf ein Kleinstmaß abzukürzen. —

Die Aufgabe der Desinfektion läßt sich theoretisch auf zwei Arten lösen: a) dadurch, daß die vorhandenen Mikroben durch ihnen feindliche Stoffe direkt vernichtet werden; b) mittelbare Vernichtung durch Entziehung der Nahrung.

Der Weg zu a) ist, wenn es sich um flüssige Abfallstoffe handelt, wenig gangbar, weil die Vernichtungsmittel zu kostspielig sind und auch die Wirkung

nicht in jedem Falle sicher ist. Die Schwierigkeit liegt besonders darin, daß eine genügend innige Mischung der verhältnismäßig geringen Menge der Desinfektionsmittel mit der großen Menge der Abwässer praktisch kaum erreichbar ist. Auch kommt in Betracht, daß die Desinfektionsmittel von hoher Wirksamkeit Gifte sind, deren Anwendung in größeren Mengen sich verbietet. Dasselbe Bedenken richtet sich, wenn auch in vermindertem Grade, gegen das nahe liegende Mittel, die Abwässer so sauer oder so alkalisch zu machen, daß alles organische Leben darin aufhört.

Ebenso wenig als die direkte Vernichtung erscheint die indirekte möglich, weil dem vollständigen Herausschaffen der Nahrungsmittel aus dem Wasser der Umstand im Wege steht, daß neben der in den Schwebestoffen der Abwässer enthaltenen Nahrung, solche auch in Lösung anwesend ist. Wenn es also auch gelingt, die in sichtbarer Form vorhandene Nahrung aus den Abwässern zu entfernen, so bleibt noch genug Nährmaterial von gelöster Form in dem von Schwebestoffen befreiten Wasser übrig, um selbst für ein üppiges Mikrobenleben ausreichend zu sein.

Die Gesundheitspflege muß also notgedrungen von der Strenge ihrer Forderungen ablassen und sich mit dem praktisch Erreichbaren begnügen; dies wird etwas mit Ort und Zeit Wechselndes sein. Es mag dazu eine Auslassung Kochs mitgeteilt werden, welche derselbe vor einigen Jahren in einem Gutachten über die Wiesbadener (mit chemischen Mitteln arbeitende) Kläranlage gethan hat. Dieselbe lautet etwa wie folgt:

Auch das beste der bisher bekannten Verfahren, die Berieselung, erreicht selbst unter den günstigsten Bedingungen das gesteckte Ziel nicht, wegen der Notwendigkeit bei stark vermehrtem Zufluß infolge heftiger Regenfälle mehr oder weniger große Mengen nicht desinfizierter, noch fäulnisfähiger Stoffe in die offenen Gewässer einzuleiten. Solche Reinigungsverfahren, die gewissermaßen nur einen Ersatz der Berieselung bilden (chemische Klärung), sollten schon aus diesem Grunde eine etwas weniger strenge Beurteilung erfahren. — Was die Desinfektionsleistung betrifft, so darf die Untersuchung sich nicht darauf beschränken, die Wasser nur an der Eintritts- und Austrittsstelle zu untersuchen, weil es sehr wohl möglich ist, daß die dem Wasser zugesetzten Chemikalien das Wasser keimfrei machen, daß dasselbe aber beim Passieren der weiteren Abschnitte der Kläranlage aus abgelagerten bakterienreichen Schlammmassen wiederum Mikroorganismen aufnimmt, die sich rasch erheblich vermehren. Es darf daher daraus, daß das geklärte Wasser an der Ausflußstelle wieder sehr keimreich ist, nicht geschlossen werden, daß das Klärverfahren die ursprünglich in dem Wasser vorhandenen Keime nur in unzureichender Weise beeinflußt habe. Weiter ist zu berücksichtigen, daß wenn das Schmutzwasser einmal wirklich desinfiziert ist, eine nachträgliche neue Bakterienentwickelung, wenn dieselbe nur nicht die Entwickelung stinkender Zersetzungsprodukte zur Folge hat, vom hygienischen Standpunkte aus nicht bedenklich erscheint. Denn es handelt sich alsdann nur um unschädliche, in jedem Flußwasser mehr oder weniger reichlich vorkommende Mikroorganismen. Beispielsweise enthält die Spree an der Wasserentnahmestelle für Berlin bei Stralau mehr als 100 000 Keime in 1 ccm, angesichts welcher Thatsache man doch nicht verlangen kann, daß das Abwasser einer Stadt auf seinem ferneren Laufe bakterienarm oder gar bakterienfrei sein soll. Berechtigt ist nur die Forderung, daß es infektionsfrei sei.

Von Seiten der Gesundheitspolizei sind mehrfach folgende Bedingungen für den Zustand gereinigter Schmutzwasser festgesetzt worden: Die aus der Reinigungsanlage austretende Flüssigkeit soll frei von allen mit bloßem Auge wahrnehmbaren schwimmenden, suspendierten und sinkfähigen Stoffen sein, ferner geruchlos und in 15 cm dicker Schicht klar und farblos, endlich in geschlossenem oder offenem Gefäß für sich aufbewahrt 10 Tage lang in demselben Zustande haltbar sein.

Diese Bedingungen sind gewöhnlich unschwer erfüllbar, ohne daß eine wirkliche Reinigung der Schmutzwasser damit gesichert ist.

Im übrigen scheint es angezeigt, bevor auf die einzelnen Arten der Reinigung von Abfallstoffen eingegangen wird, die Bemerkung vorauszuschicken, daß

keines derselben für alle Fälle, oder auch nur für eine Anzahl von Fällen, das allein geeignete sein kann. Indem das eine oder andre Verfahren zuweilen besonders gute Erfolge gehabt hat, ist dieses Verfahren ungebührlich und ohne Vorbehalte angepriesen worden. Man hat dabei die Thatsache hintan gesetzt, daß ein unter bestimmten Verhältnissen und Bedingungen erzielter guter Erfolg nicht erwartet werden kann, wenn in einem andern Falle Verhältnisse und Bedingungen andre sind. Allgemein passende Lösungen der Aufgabe der Reinigung von Abfallstoffen kann es deshalb nicht geben.

§ 166. Als Mittel stehen für die Zwecke der Desinfektion, Desodorisation und Klärung zu Gebote:

1. Hohe Temperaturen;
2. Chemikalien in größerer Zahl;
3. Luft, Licht, Elektrizität;
4. Wasser, Boden, Erde und andre filtrierende Stoffe;
5. Bewegung, Ruhe.

Diese Mittel können sowohl für sich als teilweise auch miteinander verbunden zur Anwendung kommen.

Für hohe Temperaturen können als Träger Luft, Wasser und Dampf angewendet werden; man hat es bei dem erstgenannten Träger mit sogen. „trockener“ Hitze, die beliebig hochgetrieben werden kann, und beim zweiten mit „Kochen“ zu thun; hier ist die Hitze auf 100° begrenzt. Wasserdampf kann ohne und mit Ueberdruck, d. h. mit Temperaturen, die 100° und auch darüber betragen, angewendet werden. Im allgemeinen ist die Temperatur von 100° oder wenig darüber zur Vernichtung vegetativen Lebens ausreichend; nur bei gewissen Formen einzelner Arten von Mikroben (Sporen- oder Dauerform) scheint diese Temperatur nicht immer sicher zu genügen.

Es ersieht sich, daß die Desinfektion unter Anwendung von Hitze im allgemeinen auf trockene Gegenstände beschränkt ist: trockene Abfallstoffe in beliebigen Mengen, Reste von Tieren und ganze Kadaver können durch Verbrennung mineralisiert (desinfiziert) werden. Möbel, Kleidungsstücke, Wäsche und andere Stücke, die zur Ausrüstung des Haushalts u. s. w. dienen, sind sowohl in trockener Hitze als in Dampf desinfizierbar. Mit Infektionsstoffen beladene menschliche Absonderungen, Flüssigkeiten, krankes Fleisch und ganze Tierkörper können durch Kochen oder auch Dämpfen von ihren Schädlichkeiten befreit werden.

Die Desinfektion mit chemischen Mitteln ist gut anwendbar nur bei flüssigen Abfallstoffen (Schmutzwassern), viel weniger gut bei dickflüssigen und kaum noch bei trockenen Abfallstoffen.

Elektrizität, Licht, Luft, Wasser, Erde, Boden, Ruhe und Bewegung sind diejenigen Mittel, welche sich vorzugsweise zur Reinigung von großen Mengen flüssiger Abfallstoffe eignen; Licht, Wasser, Erde, Boden sind jedoch auch in beschränktem Maße bei der Desinfektion trockener Abfallstoffe gebrauchsfähig.

Manche von den zur Desinfektion geeigneten chemischen Mitteln dienen gleichzeitig dem Zwecke der Desodorisation; doch giebt es dafür auch besondere chemische Stoffe, die desinfizierende Wirkungen nicht äußern. Desodorisierend wirken ferner Wasser, Erde, Boden.

An jedes Desinfektions-, auch an ein Desodorisationsmittel ist, abgesehen von der Forderung der Wirksamkeit, die Anforderung zu stellen, daß die Wirkung in kurzer Frist erfolge, daß die Handhabung und Anwendung durch kundige Hände nicht Gefahren für den Ausführenden oder andre oder besondere Schädigungen des der Desinfektion unterworfenen Gegenstandes mit sich bringe, daß die Ausführung

nicht schwierig, und endlich daß das Mittel nicht hoch im Preise sei, was zuweilen darauf hinauskommt, daß nicht zu große Mengen des Mittels erforderlich seien.

Nach diesen Grundsätzen beurteilt, scheidet eine Anzahl an sich geeigneter Desinfektionsmittel aus, und bleibt nur eine beschränkte Zahl übrig, die noch geringer wird, wenn es sich um Desinfektion von Massengegenständen handelt. Beispielsweise wird man ein Mittel, dessen Wirkung erst nach mehreren Stunden oder gar Tagen eintritt, verwerfen, desgleichen ein solches, das die Masse des desinfizierten Gegenstandes beträchtlich vermehrt, oder dem Gegenstande Gifte oder Stoffe in solchen Mengen zuführt, daß der spätere Zustand oder Verbleib ernstere Bedenken dieser oder jener Art hervorruft. Es ist hieraus erkennbar, daß, auch abgesehen von dem großen Einfluß, den die Oertlichkeit übt, Regeln oder Rezepten für Desinfektions- und Reinigungseinrichtungen geringe Bedeutung zukommt, vielmehr jeder einzelne Fall nach seinen Besonderheiten behandelt sein will, oder, was auf dasselbe hinauskommt: bei solchen Einrichtungen die sachverständige Mitwirkung eines Spezialisten dieses Gebiets nicht entbehrt werden kann.

1. Kapitel.

Reinigung (Desinfektion) flüssiger Abfallstoffe.

§ 167. Nach Gebeck (Zeitschrift für angewandte Chemie, 1893) lassen sich alle Abwasser in drei große Gruppen sondern:

Gruppe 1: Abwasser, welche nur, oder doch vorzugsweise durch Schwebestoffe verunreinigt sind.
Gruppe 2: Abwasser, welche vorwiegend mineralische Stoffe enthalten.
Gruppe 3: Abwasser, die besonders durch stickstoffhaltige organische Verbindungen verunreinigt sind.

Die Abwasser der Gruppe 1 entstammen vorwiegend gewissen Fabrikbetrieben, z. B. Stärkefabriken, Zuckerfabriken, Brennereien u. s. w. Ihre besondere Schädlichkeit liegt darin, daß sie den offenen Gewässern große Mengen von Schlamm zuführen, die bei einem immer vorkommenden Anteil von organischen Stoffen auch fäulnisfähig sind. Grundsätzlich ist für solche Wasser die Befreiung von Schlamm in Absitzbecken (Kleinbecken) angezeigt. Erscheint dann noch eine Nachreinigung notwendig, so eignen sich dazu Filtration oder Berieselung. Der abgesetzte Schlamm ist an der Sonne oder künstlich zu trocknen und danach als Dünger zu verwenden, oder durch Verbrennung zu mineralisieren.

In den Abwässern der Gruppe 2 sind die Verunreinigungen in mehr oder weniger gelöstem Zustande enthalten. Ihre Schädlichkeit wird nach dem Grade der Verdünnung, in der sie vorkommen, beurteilt; es kann ihnen daher durch ausreichend weitgehende Verdünnung die Schädlichkeit benommen werden. — Abwässer, welche niedere Oxydationsstufen der Metalle (Oxydule) in Lösung enthalten, müssen vorher sicher oxydiert werden, was sich z. B. durch Gradieren oder Herabrieseln an Drahtnetzen, die sogen. atmosphärische Oxydation, erreichen läßt. Mit Salzen verunreinigte Wässer müssen eingedickt und auf Wiedergewinnung wertvoller Bestandteile behandelt werden.

Manche Reinigungsverfahren dieser Art haben den Charakter des bloßen Reinigungsmittels verloren und sich zu selbständigen industriellen Nutzungsweisen entwickelt. (Beispiel: die Verarbeitung des Ammoniakwassers der Leuchtgasbereitungs-Anstalten und andre.)

Bei den Abwässern der Gruppe 3 lassen sich zwei Klassen unterscheiden:

a) solche, die vorwiegend stickstofffreie Verunreinigungen enthalten, und

b) solche, in denen die stickstoffhaltigen den Hauptteil der Verunreinigung ausmachen.

Unter 3a) fallen manche Fabrikwasser, die mit Kohlehydraten beladen sind. Dieselben neigen stark zur Oxydation und Bildung von organischen Säuren, dürfen deshalb nicht stagnieren, sondern sind in schnellem Abfluß zu halten. Zu ihrer Reinigung können Chemikalien, Aetzkalk, schwefelsaure Thonerde und andere Basen, die mit den Kohlehydraten schwer lösliche Verbindungen eingehen, benützt werden.

Die Abwässer zu 3b) sind die eigentlichen städtischen Abwässer, welche die verunreinigenden Stoffe sowohl schwebend als in gelöster Form enthalten. Sie neigen zur stinkenden Fäulnis und sind im allgemeinen für landwirtschaftliche Nutzung gebrauchsfähig. Die Schwebestoffe können darin in solcher Menge enthalten sein, daß eine unmittelbare Aufleitung auf den Boden, der sie aufnimmt, eine zu starke Auftragung bewirken würde, oder auch den Boden außer Stand setzt, sie genügend zu verarbeiten, zu binden oder zu oxydieren. Alsdann ist zuvorige Klärung notwendig. Die Abwasser dieser Gruppe können landwirtschaftlich auch minderwertig oder ganz wertlos sein, wenn neben den düngenden Stoffen spezifisch schädliche — aus Fabriken stammende — in ihnen enthalten sind; z. B. stärker konzentrierte Säuren, ätzende Stoffe, Chlornatrium, Eisen und Alkalien in hohen Anteilen u. s. w.

Gewöhnlich ist bei den Abwässern dieser Untergruppe für die landwirtschaftliche Nutzung eine zu starke Verdünnung der düngenden Stoffe viel mehr als eine zu starke Konzentration vorhanden. Es wird eine übergroße Wassermenge mitgeführt, deren Unterbringung auf dem Acker zu gewissen Jahreszeiten, besonders in Perioden, in denen viel Regen fällt, oder Frost herrscht, große Schwierigkeiten verursachen kann, und ohne daß irgend ein Nutzen erzielt wird.

Unter Verweisung auf S. 165, wo bereits eine kleine Anzahl summarisch gehaltener Analysen städtischer Schmutzwasser mitgeteilt ist, folgt hier noch eine kleine Reihe andrer, etwas eingehender gehaltener Analysen, welche Roechling, (Rivers Pollution and Rivers Purification), mitteilt.

Milligramm in 1 l = Gramm in 1 cbm Abwasser aus	Verdampfungs-rückstand	Gelöste Stoffe				Verbrauch an $KMnO_4$	Chlor	Schwebestoffe		Keime in 1 ccm
		Davon		Ammoniak						
		mineralisch	organisch	freies	gebundenes			mineralisch	organisch	
London (Mittel aus 181 Analysen) . .	847	571	276	45,1	5,5	—	150	179	212	—
Durchschnitt von 15 englischen Städten (Mittel a. 236 Anal.)	748,1	559,4	188,7	37,63	8,19	27,7	99,3	162,4	188,9	—
Lawrence (Massachusetts) (Mittel aus 15 Analysen) . .	420	257	163	17,9	3,8	—	5,14	38	86	609 186

Milligramm in 1 l = Gramm in 1 cbm Abwasser aus	Verdampfungsrückstand	Gelöste Stoffe				Verbrauch an $KMnO_4$	Chlor	Schwebestoffe		Keime in 1 ccm
		Davon		Ammoniak						
		mineralisch	organisch	freies	gebundenes			mineralisch	organisch	
Paris	980	250	730	—	21,0	—	—	1321	498	20 000
Berlin (Mittel aus 30 Analysen) . .	1045,1	731,8	313,3	106,9	21,1	87,5	218,5	383,6	754,9	38 000 000
Breslau (Mittel aus 12 Analysen) . .	699,6	493,6	206,0	103,8	—	53,6	145,4	118,3	311,2	—
Danzig	683	522	161	64,6	11,6	—	—	226	356	—
Frankfurt a. M. (Mittel aus 8 Analysen) .	898	381	517	63,0	11,0	18	—	358	806	—
Mittel . .	790,1	470,7	319,4	62,70	11,74	46,7	132,9	348,3	401,6	—

In den gelösten Stoffen herrschen die mineralischen mit etwa 60 % — gegen 40 % der organischen — vor. In den Schwebestoffen besteht das umgekehrte Verhältnis: die organischen sind in geringem Ueberschuß über die mineralischen vertreten. Doch bestehen unter dem Wasser aus verschiedenen Städten große Unterschiede. Die Abwasser der englischen und amerikanischen Städte sind (wegen des höheren Wasserverbrauchs) viel weniger verunreinigt als die des europäischen Kontinents.

§ 168. Ist in erreichbarer Nähe ein offenes Gewässer vorhanden, so werden die Städte die Gelegenheit zur Einleitung ihrer Abwässer in dasselbe gern ergreifen. Da die offenen Gewässer die „natürlichen“ Rezipienten für Flüssigkeiten sind, ist die Einleitung auch als ein natürliches Recht der Anlieger zu betrachten, das nur insoweit Beschränkungen unterliegt, als die Benutzung desselben nicht Schaden für die Allgemeinheit mit sich bringt. Aber dieser Schaden muß, um Beschränkungen zu rechtfertigen, einen gewissen größeren Umfang erreichen, der den Nutzen, welcher für die Stadt (die ebenfalls als „Allgemeinheit“ gilt) mit der Einleitung verbunden ist, überwiegt. Auf dieser Anschauung basiert der heutige Rechtszustand und demselben entsprechen auch die in Abschnitt IV mitgeteilten Bestimmungen des Entwurfs zu einem neuen Gesetz über das Wasserrecht in Preußen.

Gesundheitliche Vorzüge, welche mit der Einleitung von Abwassern in öffentliche Gewässer verbunden sind, bestehen darin, daß die zeitweilige Aufspeicherung und damit die Vergrößerung der Schädlichkeit fortfällt; dazu werden, ausreichende Größe des Gewässers vorausgesetzt, Geruchbelästigungen vermieden. Vom wirtschaftlichen Gesichtspunkt betrachtet, wird die Einleitung für die Städte immer dasjenige Verfahren sein, welches denselben die geringsten Kosten verursacht. Mängel der Einleitung bestehen: a) in der Ausbreitung von Schädlichkeiten; b) in der Schädigung der Gewässer durch Ablagerungen auf der Flußsohle und an den Ufern; c) Verlust der in den Abwassern enthaltenen Dungstoffe; d) Vielleicht Schädigung des Fischlebens.

Zu a) ist darauf hinzuweisen, daß die selbstreinigende Kraft der Gewässer im allgemeinen beschränkt ist, daher die Faulstoffe, bis daß die Mineralisierung vollendet ist, einer mehr oder weniger lange Zeit bedürfen, während deren sie im fließenden Wasser einen mehr oder weniger langen Weg zurücklegen. Bestimmte Angaben hierzu im Abschnitt IV, 2. Kapitel. Zum Punkte b) könnte Befreiung der Abwasser

von den Schwebestoffen vor ihrer Einleitung gefordert werden. Der zu c) erwähnte Verlust kann bei größeren Städten durch die Kostenersparnis, die denselben erwächst, mehr als ausgeglichen werden; bei Städten minderer Größe kann aber der Verlust den Gewinn übersteigen. Mithin spielt hier die Stadtgröße eine Rolle. Zu d) ist anzuführen, daß es dabei durchaus auf die Menge der Schmutzstoffe im Vergleich zur Größe des Gewässers ankommt. Bei günstigem Verhältnis kann das Fischleben desselben sogar eine Förderung erfahren. (Vergl. S. 84 ff.)

Die Erledigung aller gegen die Einleitung von Schmutzwasser in Flüsse zu erhebenden Einwände kommt auf Größe und Beschaffenheit des Flusses, auf die Benutzungsweise desselben, sowie darauf hinaus, an welcher Stelle die Einleitung erfolgen soll. Alles Nötige hierzu ist bereits in den Abschnitten IV und V mitgeteilt. Ergänzend ist nur folgendes hinzuzufügen. Die Zulässigkeit der Einleitung wird insbesondere mit Rücksicht darauf zu prüfen sein, ob der Fluß zur Entnahme von Trinkwasser dient oder nicht? Hierbei kommt wieder in Betracht, an welcher Stelle die Trinkwasserentnahme stattfinden soll. Ist Trinkwasserentnahme ausgeschlossen, so kommt der wesentlichste unter den Hinderungsgründen in Wegfall; findet dieselbe statt, oder ist die Möglichkeit davon jetzt oder in naher Zukunft wahrscheinlich, so sind die Entfernung der Entnahmestelle von der Einleitungsstelle und die Flußgeschwindigkeit maßgebend. Ist erstere groß und letztere klein genug, damit bis zur Errichtung der Entnahmestelle die vollständige Mineralisierung der Faulstoffe, sowie die Vernichtung etwa mit zugeführter pathogener Mikroben mit Sicherheit erwartet werden kann, so steht der Einleitung füglich kein Hindernis entgegen, da die bloße Möglichkeit, daß an stromauf liegenden Stellen gelegentlich eine Entnahme des Wassers für diesen oder jenen Zweck stattfinden könnte, angesichts des positiven Nutzens, welcher der betreffenden Stadt zugewendet wird, vielleicht sogar die Befreiung aus einer Notlage, nicht berücksichtigt werden darf. Auszunehmen ist unter Umständen der Fall, daß die betreffende Flußstrecke einem regeren Schiffsverkehr dient und die Schiffsbevölkerung sich des Wassers zum Trinken bedient. Einleitung innerhalb des Gebietes, aus dem die Schmutzwasser erfolgen, oder auch nur nahe der Grenze desselben ist ausgeschlossen; die Einleitungsstelle muß ein beträchtliches Stück stromabwärts liegen. Je größer der Fluß und je weiter die Auslaßstelle in die Strommitte vorgerückt wird, je rascher die Verdünnung erfolgt und je höher der Grad derselben ist, um so mehr kann dies Stück verkürzt werden und umgekehrt.

Bei der Einleitung in See- oder Meeresbuchten sind Ebbe und Flut, Küstenströmung, Richtung der herrschenden Winde, Tiefe des Seebodens, Strandbeschaffenheit zu berücksichtigen. Der eine oder andre dieser Faktoren darf ungünstig sein, wenn nur die Tiefe groß genug ist, damit Wiederauswerfen des Schmutzes am Strande ausgeschlossen ist.

Ob Meerwasser eine größere Desinfektionskraft besitzt als Flußwasser, scheint noch nicht sicher festgestellt, ist aber sehr wahrscheinlich, wenn sein Gehalt an Chloriden einigermaßen groß ist. Im Meere bilden die Schmutzstoffe — vorausgesetzt, daß sie „frisch" hineingelangen — ein willkommenes Nährmittel für das Fischleben. Man kann in der Förderung desselben unter Umständen einen mehr als ausreichenden Ersatz für den Verlust der Schmutzstoffe als Dungmittel erblicken.

Die Frage der Einleitung der Schmutzwässer in offene Gewässer ist eine sehr vielgestaltige. Besondere Aufmerksamkeit ist derselben seitens des deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege zugewendet worden. Der Verein hat seine Auffassung zu dieser Frage in einer auf der 13. Versammlung zu Breslau 1886 beschlossenen These wie folgt ausgesprochen:

„Die Reinigung der städtischen Abwasser vor ihrer Zuführung in die Flußläufe

bleibt nach wie vor anzustreben. Bei dem jetzigen Stande der Technik und den erheblichen, mit jeder Reinigung verbundenen Kosten empfiehlt es sich jedoch, die Forderung der Reinigung nur in denjenigen Fällen zu erheben, wo gesundheitliche Mißstände zu befürchten sind, oder sonstige erhebliche Uebelstände sich fühlbar machen, und nur in einem solchen Umfange, als zur Beseitigung dieser Uebelstände geboten ist."

Einer ähnlichen oder noch weitergehenden Auffassung huldigen v. Pettenkofer und andre Hygieniker, worüber im Abschnitt IV, Kapitel 2, zu vergleichen ist. An andern Stellen herrschen entgegengesetzte Auffassungen, wie solche z. B. von Frank in einem längeren inhaltreichen Artikel in der Hygienischen Rundschau 1893, Heft 10, vertreten werden.

Nachdem eine Zeitlang die Einleitung von Schmutzwassern in die Flüsse seitens der Hygieniker mit nicht zahlreichen Ausnahmen perhorresziert worden ist, wird neuerdings mehrfach ein abweichender Standpunkt bemerkbar. Der Gründe dafür sind mehrere: Zunächst die fortgeschrittene Erkenntnis des mikroskopischen Lebens, welche den Kreis der pathogenen Mikroben im allgemeinen eingeschränkt, die schädlichen Arten, ihre Lebensbedingungen und die Umstände, an welche ihre Schädlichkeit geknüpft ist, genauer erkannt hat. Sodann der Fortschritt in der Erkenntnis von Desinfektionsmitteln, ihrer Anwendungsformen und Anwendungsfähigkeit. Weiter der Umstand, daß die Benutzung der Flüsse zur Trinkwasserentnahme neuerdings immer seltener wird, nachdem in dem Grundwasser ein mehr als vollwertiger Ersatz für dasselbe gefunden worden ist. — Endlich mag auch die Wahrnehmung der Thatsache, daß durch die Verhinderung der Einleitung der Schmutzwasser in die Flußläufe Städte in finanziell unüberwindliche Schwierigkeiten versetzt werden können, und alsdann die beabsichtigte gesundheitliche Verbesserung ganz unterlassen, oder nur in weniger vollkommener Weise zur Ausführung bringen, ebenfalls zur Erklärung der vorangestellten Erscheinung beigetragen haben.

Fränkel (Hygienische Rundschau 1896, H. 1) ist der Ansicht, daß mit dem mehr und mehr erfolgenden Verzicht auf die Flüsse zur Trinkwasserentnahme die Erlaubnis zur Nutzung derselben für Einleitung von Schmutzwasser wieder öfter als bisher erteilt werden könne. Zur Sicherheit beim Auftreten von Epidemieen ließen sich vorübergehend Desinfektionseinrichtungen treffen. Daß durch letztere Maßregel ausreichende Sicherheit zu schaffen ist, mag indes bezweifelt werden. In der Regel wird die Desinfektion erst in Wirksamkeit gesetzt werden, wenn bereits eine Anzahl von Infektionsfällen dagewesen ist, und sodann ist die Aufgabe, so große Mengen von Schmutzwässern, als um welche es sich hier handelt, zu desinfizieren, wohl kaum mit vollkommener Sicherheit für den Erfolg zu beschaffen, namentlich nicht mit Einrichtungen, die in der Regel außer Betrieb sind und nur im Notfalle — vorübergehend — in Betrieb genommen werden. Indessen sind mit Bezug auf diese Punkte von der Zukunft jedenfalls noch Vervollkommnungen zu erwarten. Der hier und da erhobene Einwand, daß es dem Empfinden zuwiderlaufe, Wasser zu genießen, welches auch in einem weit zurückliegenden Zeitpunkt mit Abfallstoffen verunreinigt worden sei, hält vor einer vernünftigen Anschauung nicht Stand. Der andere, daß dadurch das Wasser für gewisse industrielle Zwecke ungebrauchsfähig werde, mag in einzelnen Fällen begründet sein; er muß aber der überwiegenden Nützlichkeit und dem Umstande, daß es der Industrie nicht an Hilfsmitteln fehlt, zurückstehen.

§ 169. Der Sauerstoffgehalt der atmosphärischen Luft besitzt oxydierende Wirkungen, die auch in mehrfacher Weise zur Reinigung von Abwassern benutzt sind, immer so, daß man den Schmutzstoffen Gelegenheit gab, in ausgiebige Berührung mit der Luft zu treten. Dies erfolgt z. B., wenn man die Wasser-

masse in dünnen Strahlen oder Fäden oder Tropfen auflöst, die eine gewisse Höhe frei durchfallen (Kaskaden) oder an festen Gegenständen: Drahtgeweben, Gradierwerken, herabrieseln. Ebenfalls kann man das Wasser durch Einblasen von Luft in den Strom desselben oder in Becken von unten mit Sauerstoff „anreichern"; dabei entstehen aber schlimme Geruchbelästigungen. Es liegen Versuche und Vorschläge vor, gepreßte Luft in Schmutzwasser einzublasen, desgleichen durch den elektrischen Strom die im Wasser enthaltene Luft zu „ozonisieren" und wirksamer zu machen, auch Vorschläge, durch Einblasen von Luft die Schwebestoffe aus dem Wasser zu entfernen (Lueger, Deutsche Bauzeitung 1891). Die größere oder geringere Wirksamkeit des Luftsauerstoffs ist aber von der spezifischen Beschaffenheit der Schmutzwasser in hohem Maße abhängig, von Bedingungen, die noch nicht genau festgestellt sind. Sicher ist nur, daß die Uebertragung des Sauerstoffs auf die zu oxydierenden Stoffe das Werk von Mikroben ist und daneben rein chemische Wirkungen im Spiele sind. Fehlt es dem Schmutzwasser an Sauerstoff — ist derselbe z. B. zur Oxydation mineralischer Stoffe verbraucht worden — so fehlt den Nitrobakterien die Möglichkeit des Aufkommens, und diese entwickeln sich erst in einer mehr oder weniger langen Zeit, wenn wieder ausreichende Sauerstoffmengen zugetreten sind. Die bisher mit der sogen. „atmosphärischen Oxydation" erzielten Wirkungen sind aber sehr ungleich; nur längere praktische Erprobung vermag brauchbare Unterlagen für die von einer betreffenden Anlage zu erwartende Leistung zu liefern. Meist hat man die atmosphärische Oxydation auch nur als Hilfsmittel zu einer etwas weitergehenden Reinigung von schon vorgereinigten Wassern angewendet. Oder es sollte damit eine längere Haltbarkeit des gereinigten Wassers gegen Fäulnis erzielt werden.

§ 170. Daß das Sonnenlicht desinfizierende Eigenschaften besitzt, ist eigentlich schon so lange bekannt, als man den wohlthätigen Einfluß des Strahlungslichtes der Sonne auf die Beschaffenheit der Luft geschlossener Räume kennt. Doch ist erst in der neuesten Zeit der Beweis, daß direktes Sonnenlicht keimtötend wirkt, experimentell mehrfach erbracht worden. Die Vernichtung der Keime durch Licht erfolgt sowohl im Wasser als in der obersten bestrahlten Bodenschicht. Mit Sicherheit sind erst einige wenige pathogene Mikrobenarten bekannt, welche durch Sonnenlicht vernichtet oder in ihrer Entwickelung gehemmt werden. Darüber, ob unter den durch Sonnenlicht vernichtbaren auch Cholera- und Typhusbazillen sich befinden, sind die bisherigen Forschungen noch nicht zur Einstimmigkeit gelangt; doch ist große Wahrscheinlichkeit dafür vorhanden. Die Wirkungen des Sonnenlichts erstrecken sich in klarem Wasser bis auf 2 m Tiefe. Die verschiedenen Strahlen (Farben) des — zusammengesetzten — Sonnenlichts weisen in ihren Wirkungen auf die Keime Verschiedenheiten auf. Es handelt sich daher um ein vorläufig noch nicht allseitig erforschtes Mittel, dessen Verwendbarkeit für größere praktische Zwecke noch sehr dahin steht. Der nichtsdestoweniger von Buchner gemachte Vorschlag zur Benutzung etwa in der Weise, daß man keimhaltige Wasser in Behältern, deren Fassungen helle Färbung haben, der Sonnenbestrahlung aussetzen solle, scheint daher verfrüht. Die Zweifel an der Brauchbarkeit gründen sich zudem auf den Umstand, daß über Stärke und Dauer der Bestrahlung nicht die mindeste Herrschaft gegeben ist.

Ob und welchen Ersatz für das Sonnenlicht etwa künstliches Licht gewähren kann, ist noch nicht erforscht.

§ 171. Elektrizität ist in mehreren Formen bisher wohl nur versuchsweise zur Reinigung von Abwässern zur Anwendung gekommen. Dieselben haben

ergeben, daß keine Form im großen anwendbar ist, ohne übermäßige Kosten zu erfordern; auch der Erfolg scheint noch nicht zweifelsfrei zu sein. Näher bekannt geworden sind zwei Verfahren, das von Hermite (in Frankreich) und das von Webster (in England), letzteres 1887. Der Vorgang ist teils physikalischer, teils chemischer Natur Webster stellt in einem sogen. elektrolytischen Kanal (Rinne) eine Anzahl eiserner Platten (Elektroden) nahe hintereinander auf und leitet einen von einer Dynamo erzeugten stärkeren Strom hindurch. Es wird dadurch Eisenoxyd gebildet, welches Schwebestoffe niederreißt. Durch gleichfalls entstehende Bildung von Gasen werden andre Schwebestoffe an die Oberfläche befördert. Daneben finden Zersetzungen insbesondere der Chlorverbindungen statt und es wird Sauerstoff frei. Dadurch entstehen Oxydationen verschiedener Körper, aber auch Reduktionen, z. B. salpetriger Säure, zu Ammoniak. Keime werden niedergeschlagen und auch, wenn freies Chlor anwesend ist, vernichtet. Die Wirkung ist um so größer, je größer die Elektroden, je länger die Einwirkung und je stärker der Strom; schwacher Strom ist wirkungslos. (Zentralblatt f. öffentl. Gesundheitspflege, Jahrg. 9 und Gesundheitsingenieur 1892.) — Hermite unterwirft Meerwasser, oder auch eine Wasserlösung von Chlormagnesium und Kochsalz, der Elektrolyse, zu der er eine Dynamo und besondere Apparate, „Elektrolyseure“, baut, in denen er als positive Elektroden Platinstreifen und als negative Zinkplatten verwendet. Er erhält durch die Elektrolyse aus dem natürlichen oder künstlich hergestellten Meerwasser eine Flüssigkeit, aus welcher eine stark desinfizierende Sauerstoffverbindung des Chlors und ein Oxyd abgeschieden werden. Erstere vernichtet Faulstoffe und Keime, letzteres fällt organische Stoffe. Höher organisierte Lebewesen sollen aber von der „Hermiteschen Flüssigkeit“, wenn sie reinem Wasser in der Menge von 25 % zugesetzt wird, nicht leiden. Der Zusatz zu Schmutzwassern kann unmittelbar an den einzelnen Entstehungsstätten der Schmutzstoffe erfolgen, doch bei einer Abwandelung des Systems auch so, daß den Schmutzwassern Chlornatrium oder Chlorcalcium nebst Thonerdesalzen unmittelbar zugeführt und alsdann die Elektrolyseure in das Wasser eingehängt oder eingestellt werden.

Mehrere andere Verfahrensweisen bei der Benutzung der Elektrizität sind bis jetzt, wie es scheint, über die Form bloßer Vorschläge nicht hinausgekommen.

§ 172. Hinsichtlich der Wirkungsweise und Leistungsfähigkeit des Bodens bei Reinigung von Abfallstoffen ist das Erforderliche bereits in Abschnitt II, Kap. 2 und 3 mitgeteilt, hier also nur noch auf die verschiedenen Modalitäten, in denen die Reinigung ausgeführt wird, und deren Besonderheiten einzugehen.

Die Benutzung des Bodens zur Reinigung von Schmutzwassern ist alt; doch gingen die alten Anlagen dieser Art im Grunde wohl nur auf die Nutzung der düngenden Bestandteile für landwirtschaftliche Zwecke hinaus und war der Reinigungszweck bloße Nebensache. Man kann daher jene älteren Rieseleinrichtungen nicht in unmittelbaren Vergleich mit den heutigen Rieselfeldern bringen.

Ohne daß eine strenge Grenze besteht, unterscheidet man Reinigung durch Bodenfiltration und Reinigung durch Berieselung; bei beiden leistet der Boden für den Reinigungszweck den Hauptteil.

§ 173. Die Filtration soll folgende besonderen Zwecke erfüllen:

a) Ueberführung des organischen Kohlenstoffs in Kohlensäure (CO_2) und des organischen Stickstoffs in Salpetersäure (NHO_5).

b) Vernichtung der pathogenen Keime.

Der Zweck zu a) wird, soweit es sich um die Nitrifikation handelt, durch die

Nitrobakterien erfüllt, welche auf den ungelösten in den Schmutzwassern enthaltenen Stickstoff Sauerstoff übertragen. Organische Schwebestoffe müssen, bevor die Thätigkeit der Nitrobakterien beginnen kann, durch das Wirken von Regen, Licht und gewisse Bakterienarten zerfallen sein. Gleichwie bei der Bildung der Kohlensäure kann auch die Mitwirkung chemischer Vorgänge nicht entbehrt werden.

Die biologischen sowohl als die chemischen Vorgänge setzen reichliche Anwesenheit von Sauerstoff voraus. Daraus folgt die Forderung, daß ein Filter für Reinigung von Schmutzwassern möglichst lufthaltig, d. h. porös sein muß, und daß, wenn die Porosität zeitweilig einen gewissen Grad unterschritten hat, Außerdienststellung, Reinigung und Belüftung notwendig ist. Filter können daher nicht dauernd, sondern nur mit Unterbrechungen arbeiten. Es folgt weiter, daß, um die Zahl der Unterbrechungen zu beschränken, dem Schmutzwasser vor Aufleitung auf das Filter die Schwebestoffe möglichst ganz entzogen werden müssen, was freilich — zum Schaden der Leistung — nicht immer ausgeführt wird. Am einfachsten ist es, vor dem Filter ein sogen. Absitzbecken einzuschalten.

Bei der Sandfiltration von Trinkwasser bildet sich durch Wucherung oben auf dem Filter rasch eine dünne Schicht aus Bakterien (und Algen), wodurch die verunreinigenden Stoffe an der Oberfläche oder dicht unter derselben zurückgehalten werden. In ähnlicher Weise spielt sich der Reinigungsvorgang von Schmutzwassern in der oberen Bodenschicht ab, da schon in geringer Tiefe das Mikrobenleben aufhört. Das Feld der chemischen Prozesse wird tiefer hinabreichen. Die gebildete Salpetersäure wird mit dem Drainswasser fortgeführt. Ob die Reinigung vollständig, kann durch Untersuchung auf Ammoniak und salpetrige Säure ermittelt werden; die Infektionsfreiheit des Sickerwassers ist aber nur auf Grund bakteriologischer Untersuchungen zu beurteilen.

Cooper teilt (in Roechling, The Sewage Farms of Berlin, Min. Exc. of Proceed. of the Inst. of Civ. Engin. 1891/92) Beobachtungen, die hiezu in Lawrence (s. weiterhin) gemacht wurden, mit. Es wurden in einem künstlichen Filter folgende Zahlen über den Gehalt an Keimen und an Stickstoff gefunden. Die Keimzahlen sind für 1 g, die Stickstoffzahlen in Milligramm für 1 l Filtermaterial zu verstehen.

bis	5 mm	unter	Oberfläche	Keime	1 000 000;	Stickstoff	11 00 mg
„	25 „	„	„	„	550 000;	„	300 „
„	50 „	„	„	„	500 000;	„	200 „
„	100 „	„	„	„	105 000;	„	100 „
„	200 „	„	„	„	45 000;	„	50 „
„	500 „	„	„	„	33 000;	„	20 „
„	900 „	„	„	„	45 000;	„	16 „
„	1200 „	„	„	„	20 000;	„	16 „
„	1500 „	„	„	„	25 000;	„	16 „

Für das abfließende Sickerwasser ist, wenn nicht infolge hoher Lage reichliches Gefälle vorhanden, durch Drainage in 1,5—3 m Tiefe die nötige Vorflut zu schaffen.

Wegen der stattfindenden Mitwirkung chemischer und physikalischer Faktoren übt die Bodenbeschaffenheit einen wesentlichen Einfluß. Es zeigt sich, daß gewöhnlicher feiner Sand wenig gute Leistungen giebt, bessere grobkörniger Sand (Kies) und Sand mit Humusteilen oder Lehmgemisch. Fetter Humusboden ist aber nicht wohl geeignet. Stark lehmiger Boden ist schon wegen Bildung von Rissen bei Trockenheit ungeeignet. Gut geeignet ist auch mergel- und kalkreicher Boden. Mehrfach hat man die Erfahrung gemacht, daß ein für die Filtration von vornherein wenig gut geeigneter Boden durch den Betrieb selbst in einiger Zeit zu besseren Leistungen gebracht wurde. Dies ist z. B. mit humusfreiem Sandboden

und mit Moorboden der Fall gewesen; bei dem Sandboden liegt die Erklärung darin, daß in demselben nach und nach aus dem zurückgehaltenen Schmutzwasser selbst Humus gebildet wird.

Ueber Bodenfiltration sind besonders in England zahlreiche Versuche angestellt, welche ergeben haben, daß, je langsamer gefiltert wird, je besser gereinigt das abfließende Drainswasser ist und umgekehrt, und daß für jede Bodenart eine gewisse, nach dem jeweiligen Zustande des Filters jedoch wechselnde Filtergeschwindigkeit besteht, welche nicht überschritten werden darf, wenn ein gewisser Reinheitseffekt erzielt werden soll. Die erlangten Zahlen bewegen sich in den Grenzen von 12,5 und 50 cbm Boden für 1 cbm Schmutzwasserreinigung in 24 Stunden. Rechnet man etwa 2 m Filtertiefe (Tiefenlage des Grundwassers oder der Drainage), so würde 1 cbm 6 bezw. 25 qm Bodenfläche erfordern. In ungefährer Uebereinstimmung damit giebt Gerson (Weyl, Handbuch der Hygiene, Bd. 2) an, daß auf 1 ha die Abwasser von 400—500 Personen „und weit darüber" reinigungsfähig seien. Denn für 500 Personen wird auf eine tägliche Schmutzwassermenge von etwa 50 cbm zu rechnen sein, zu deren Reinigung durch Filtration nach dem höchsten der oben angegebenen Sätze nur 50 . 22 = 1250 qm Bodenfläche genügen würden. Anderweit findet man Angaben, wonach 1 ha Bodenfläche zur Aufnahme der Abwasser von 1000—5000 Personen genügen soll. Bei der großen Reihe mitsprechender Faktoren darf im gegebenen Falle ein sicheres Urteil nur auf die Ergebnisse spezieller Versuche begründet werden.

Von der rein physikalischen Auffassung des Filtervorganges ausgehend, scheinen die ersten Filteranlagen allgemein die Einrichtung gehabt zu haben, daß die Schmutzwasser der Richtung der Schwere entgegen durch die Filtermasse geführt wurden. Das Filter war dabei sowohl an der Ober- als Unterseite vom Luftzutritt abgeschlossen. Solche Anlagen haben regelmäßig ungünstige Ergebnisse geliefert und sind später auch — abgesehen von Ausnahmefällen — zu Gunsten der andern Einrichtung, bei welcher die Bewegung des Wassers in der Richtung der Schwere stattfindet, aufgegeben worden. Man kann durch Anlage von Dämmen oder beckenförmige Gestaltung auch bei diesen die Druckhöhe, unter der das Wasser das Filter passiert, so genau regeln, als es dem jeweiligen Zustande des Filters und dem Zustande sowohl des Schmutzwassers als des Filters entspricht.

Allgemeine Vorzüge und Mängel der Abwasserreinigung durch Filtration sind etwa folgende: der Betrieb kann während des ganzen Jahres stattfinden, soweit nicht Frostwetter ein Hindernis bildet. Dieser ist aber bei der Eigenwärme der Schmutzwasser von 5—10° für gewöhnlich nicht leicht zu fürchten; die Gefahr ist jedoch unmittelbar gegeben, wenn wegen notwendiger Reinigung des Filters u. s. w. der Betrieb für mehrere Tage unterbrochen werden muß. — Der Bedarf an Filterfläche ist relativ gering und die Aptierung derselben sehr einfach, daher ohne große Kosten zu bewirken. Gleichartiges gilt auch von dem Betriebe, der zudem leicht übersichtlich ist. Es geht wenig Wasser durch Verdunstung oder Versickern in die Tiefe verloren. Unter Umständen kann die Sammlung großer Drainswassermengen von Vorteil sein. Der auf der Oberfläche abgesetzte Schlamm ist als Dünger von gewissem Wert; er muß aber gesammelt und aufbewahrt werden und diese Sammlung kann gesundheitliche Gefahren und Geruchbelästigungen mit sich bringen. Die Umgebung der Filter wird durch üble Gerüche, die von der Filterfläche ausgehen, belästigt. Es ist durch mangelnde Sorgfalt im Betriebe, gestörte Vorflut, zeitweilig erhöhten Grundwasserstand u. s. w. die Möglichkeit in nahe Aussicht gerückt, daß Grundwasservereinigungen stattfinden, zumal Filter nicht „keimdicht" sind.

§ 174. Um die Filterwirksamkeit zu erhöhen, hat man künstliche Filter aus geeigneten Materialien aufgebaut und einen systematischen Wechselbetrieb derselben eingerichtet. Solche Anlagen haben namentlich in England Verbreitung gefunden, wie es scheint öfter auch in Amerika, in Deutschland kaum. Während den Trinkwasserfiltern seit einer Reihe von Jahren eine eifrige Thätigeit der experimentell vorgehenden Wissenschaft zugewendet und ein allseitig klarer Einblick in die Wirkungsweise und die Bedingungen des Erfolgs gewonnen ist, steht auf dem Gebiete der künstlichen Schmutzwasserfiltration im allgemeinen noch die Empirie in Geltung. Nur jenseits des Ozeans, in Amerika, hat unter dem Druck der Flußverunreinigungsfrage und wohl kraft des Umstandes, daß bei den großen klimatischen und andern Verschiedenheiten des nordamerikanischen Kontinents die Aufgabe der Schmutzwasserreinigung wechselvolle Gestaltungen erfordert, Mitte der 80er Jahre eine wissenschaftliche Thätigkeit eingesetzt, welche bereits zu bedeutsamen Ergebnissen gelangt ist. Der „Massachusetts State Board of Health" betraute 1886 eine aus Hygienikern, Technikern und Chemikern zusammengesetzte Kommission, die mit reichen Mitteln für den Zweck ausgestattet wurde, mit der Aufgabe die Wasserreinigung allseitig zu studieren. Die Kommission hat 1888 in Lawrence eine Station eröffnet und führt seitdem vielseitige Versuche aus, deren Ergebnisse in jährlichen „Reports" niedergelegt worden, die aber, wie es scheint, nur als „Staatsschriften" Verbreitung erhalten. Waring macht aus den Reports in seinem Buche „Modern Methods of Sewage Disposal, New York" Mitteilungen, aus denen hier folgendes wiedergegeben wird:

Die Thatsache, daß die Ueberführung von Stickstoff aus der ursprünglichen Form des Eiweiß-Ammoniaks durch die Zwischenstufe der salpetrigen Säure in Salpetersäure stattfindet, wenn die Bedingungen für die Thätigkeit der Nitro-Bakterien günstige sind, wurde besonders deutlich an einem Filter zu Lawrence erwiesen, das aus einer 1,5 m dicken Schicht von grobem Kies gebildet war. Keines der Kiesstücke hatte weniger als 19 mm und mehr als 38 mm Durchmesser. Das Schmutzwasser wurde täglich einmal in solchen Mengen aufgeleitet, daß eine dünne bewegliche Schicht (moving film) entstand, aber ohne daß die Zwischenräume zwischen den Steinstücken verschlossen worden wären. Trotzdem bei der angegebenen Korngröße das Filter vermöge seiner rein mechanischen Leistung nicht geeignet sein konnte, selbst nur die gröberen Schwebestoffe zurückzuhalten, wurden während einer mehrmonatlichen Betriebsdauer 97% des organischen Stickstoffs, wovon ein großer Teil im gelösten Zustande vorhanden war, und 99% der Bakterien aus dem Wasser entfernt.

Das in Rede befindliche Filter und ein andres, welches aus Kies in der Korngröße von Bohnen aufgebaut ward, wurden hauptsächlich dazu benutzt, um die Thatsache anschaulich zu erweisen, daß die Reinigung von Schmutzwassern durch Filtration nicht ein mechanischer Vorgang ist, sondern der durch Bakterien bewirkten Oxydation. Die weiteren folgenden Versuche wurden mit Filtern aus Sand, in der Formgröße groben Mörtelsandes bis zu staubfeinem Sand wechselnd, mit feinkörnigem Boden und Gartenerde sowie Torf angestellt.

Wenn auf das Filterbett aus grobem (open) Sand täglich eine Schmutzwasserschicht von 25 mm Dicke aufgebracht ward, so trat folgender Vorgang ein: das Wasser verschwand bald von der Oberfläche, verblieb aber in der oberen Schicht. Schwerere Schwebestoffe wurden bis zur Tiefe von etwa 220 mm hinabgeführt; die leichteren blieben an der Oberfläche des Filters. Etwa 65% der Schicht von 220 mm Dicke waren dann von Sand, etwa 70% mit Wasser und 25% mit Luft erfüllt. Der Schmutz lagerte in sehr dünnen einzelnen Schichten, Ausläufer in die nächsten Zwischenräume der Sandkörner entsendend; er war mit Luft etwa in

der doppelten Menge der Schmutzmenge innig gemischt. Ward nun am folgenden Tage eine neue Schicht Schmutzwasser aufgeleitet, so bewegte sich die aus der Schmutzwassermenge des vorhergehenden Tages entstandene 220 mm dicke Schicht um 220 mm abwärts und die obere Schicht rückte in die Stelle derselben ein; selbstverständlich fand dabei eine gewisse Mischung der beiden Schichten statt. Das Spiel setzte sich bei weiteren täglichen Aufleitungen von Schmutzwasser in derselben Weise fort; das Resultat davon war, daß das Schmutzwasser, bei 1,50 m Dicke des Filters, etwa sieben Tage lang mit dem Sand in Berührung blieb, bevor es die Sohle des Filters erreichte und austrat.

Bei Benutzung von feinem Sand wurden die Schwebestoffe stärker zurückgehalten, aber die eigentliche Reinigung vollzog sich in viel geringerem Maße. Filter aus Sand (und andrer feinkörniger Erde) können durch ihre ganze Dicke wassergesättigt bleiben und Luft bloß nahe der Oberfläche enthalten, wo für diese nur infolge der Verdunstung Raum entsteht.

Die Versuche mit Torffiltern lieferten ganz ungenügende Resultate, insofern als die durchgeflossene Wassermenge zu gering ausfiel, damit Torffiltration praktisch brauchbar sei. In einer Betriebsdauer von 22 Monaten lieferte ein 1,5 m dickes Torffilter von 81 qm Größe, berechnet auf 1 ha nur 16 cbm Reinwasser pro Tag. Hinzugefügt wird aber von Waring, daß die Leistung bei anderer Beschaffenheit des Torfes wohl günstiger sein könne, daher das mitgeteilte Resultat nicht als endgültig anzusehen sein möchte. Es wird auf die Thatsache hingewiesen, daß Torf in seiner natürlichen Lagerung eine außerordentliche Fähigkeit zur Wasserdurchleitung besitzt, welche Eigenschaft durch die Zerfaserung und künstliche Schichtung wahrscheinlich stark vermindert werde. Damit stimmen die Ergebnisse von Versuchen, welche schon die englische River-Pollution-Commission mit Moorboden angestellt hat. Anfänglich wurden nur ungenügende Ergebnisse erzielt, die aber nach Ablauf von ein paar Monaten sich erheblich besserten und dann noch weiter zunahmen. Es scheint daher, daß natürliche Torffilter vielleicht quantitativ gute Leistungen geben — eine Erwartung, die durch Versuche leicht auf ihre Haltbarkeit zu prüfen wäre. Es ist aber zu beachten, daß die Leistung von Torf als Mittel zur Mineralisierung organischer Stoffe stark angezweifelt wird. Es scheint, daß in Torf der Umwandlungsprozeß von Faulstoffen mit der Bildung von flüchtigem Ammoniak (NH_3) beendet ist und weitere Mineralisierung zu Salpetersäure nicht stattfindet. In Deutschland angestellte Versuche mit künstlichen Torffiltern (Petri und Schwarzkopff) haben ebenfalls quantitativ und qualitativ sehr unbefriedigende Ergebnisse geliefert. Frank (Hygien. Rundschau 1896, Heft 8) sieht die Ursache davon in dem hohen Luftgehalt der lockeren Torfmasse. Nach Versuchen, die derselbe mit Torf anstellte, welcher fein verrieben und dadurch von Luft befreit war, giebt ein dünnes Filter aus solcher Torfmasse, welches auf einer Kiesschicht liegt, vielleicht befriedigende Resultate, was die Reinigung von Schwebestoffen und von gelösten Stoffen betrifft. Dagegen ist eine Wirkung auf den Keimgehalt des Schmutzwassers nicht zu erreichen, weil Ansäuerung des Torfs (S. 241) hier nutzlos sein würde.

Sehr unbefriedigende Ergebnisse lieferten zu Lawrence auch die Versuche mit feinkörnigen Bodenarten und Gartenerde. Auch hierbei erlangte man geringere Filtermengen, als bei Benützung solchen Bodens im Zustande natürlicher Lagerung gefunden ward.

Man muß demnach schließen, daß die Lagerungsweise von Erde einen ganz besonderen Einfluß auf die Filterwirkung übt.

Was zahlenmäßige Angaben über die Leistung der Filter betrifft, so teilt Waring folgendes mit: Ein Filter aus Kies von Bohnengröße hatte an je

6 Tagen in der Woche, auf 9mal täglich verteilt, im ganzen 755 cbm Schmutzwasser, berechnet auf 1 ha, aufzunehmen. Während der beiden letzten Monate einer ununterbrochenen 7monatlichen Betriebsperiode wurde das Wasser zu 98,6% von organischem Stickstoff und zu 99% von Keimen befreit. Man ging alsdann zur Aufbringung von 1175 cbm täglich pro Hektar über; das Filter wurde damit 14mal in einem Tag beschicht. Nach einer Betriebsdauer von 3 Monaten ermittelte man, daß der organische Stickstoff zu 98,5% und die Keime zu 96,6% entfernt waren. Ein bereits lange in Gebrauch gewesenes Filter aus grobem Sand lieferte täglich pro Hektar bei guter Reinigung des Wassers 3 Monate lang durchschnittlich 1087 cbm. Alsdann erhöhte man die aufgebrachte Schmutzwassermenge durch 4 Monate und erzielte durchschnittlich 1644 cbm täglicher Leistung pro Hektar. Während des 1. Monats war die Reinigung weniger vollkommen, aber im 2. und 3. Monate besser als bei der Leistung von 1087 cbm. Im 4. und 5. Monat ward die Reinigung wieder unvollkommen, ein Beweis, daß das Filter überlastet worden war. Immerhin wurde der Gesamtgehalt an Ammoniak noch auf 2,7% und die Zahl der Keime auf 0,1 bis 1,0% der in dem Schmutzwasser enthaltenen herabgesetzt. — Andre Sandfilter lieferten dauernd Wassermengen, die, je nach dem Reinheitszustande des Filters, von 557 cbm pro Hektar und Tag bis auf 84 cbm herabgingen. Der Stickstoffgehalt wurde dabei auf 0,5—1,0% und die Keimzahl auf 0,001—0,08% der in den Schmutzwassern vorhandenen Mengen herabgesetzt*).

Beim anfänglichen Gebrauch von Sandfiltern findet keine oder nur geringe Nitrifikation statt, weil die Zahl der Nitrobakterien zu gering ist; erst in einiger Zeit ergiebt sich eine hinreichende Vermehrung derselben. Wird alsdann das Filter plötzlich stärker beansprucht und bleibt die stärkere Beanspruchung längere Zeit hindurch aufrecht erhalten, so ist zunächst die Reinigung ungenügend; der Zustand bessert sich aber bald in dem Maße als die Zahl der Nitrobakterien zunimmt.

Uebrigens hängt die Nitrifikation von Jahreszeit und Temperatur ab. Im Mai und Juni finden die besten Leistungen statt, nur etwas geringere im Juli und August. In Lawrence ward beobachtet, daß sich die Leistungen der Nitrobakterien den Mengen des in den Schmutzwassern enthaltenen organischen Stickstoffs anpassen: ob dieser zu verschiedenen Zeiten geringer oder größer war, so blieb die Nitrifikationsleistung immer ungefähr dieselbe.

Zu einer Zeit, wo die Nitrifikation noch nicht im Gange war — bei einem neuen Filter —, beobachtete man einen energischen Reinigungsvorgang, dahin, daß das gebundene (Eiweiß-)Ammoniak in flüchtiges Ammoniak übergeführt ward. Aber diese Reinigung ist nur eine teilweise: es bleiben gewisse, zu große Mengen von organischem Stickstoff bestehen und ebenso geschieht die Vernichtung der Keime nur unvollständig. Erst die Nitrifikation kann den verbliebenen Rest der Reinigung leisten.

Außer mit der in Rede befindlichen intermittierenden Filterweise sind in Lawrence auch Versuche mit der kontinuierlichen angestellt. Ein Filter, welches bisher intermittierend beschickt worden war und regelmäßig die vorhandene Menge von organischem Stickstoff bis auf 0,8% entfernt hatte, ward kontinuierlicher Beschickung unterworfen. Die Nitrifikation hörte alsbald auf und die Menge des im Filtrat vorhandenen organischen Stickstoffs vermehrte sich nach und nach und zwar über die in den Schmutzwassern enthaltene Menge hinaus, eine Folge der Aufnahme aus vorher im Filter aufgespeicherten Stickstoffmengen. Als man dann wieder zur intermittierenden Beschickung des

*) Vergl. über die Berechnungsweise der Stickstoffmenge übrigens eine weiterhin folgende Fußnote.

Filters überging, vermehrte sich die Salpetersäure rasch und zwar bis auf 50% über die in dem Schmutzwasser enthaltenen Mengen hinaus. Dies Maß wurde aus den aufgespeicherten Vorräten entnommen. Nach Ablauf von 3 Monaten war aber der Vorrat erschöpft und nun lieferte das Filter wieder gut gereinigtes Wasser. Während der kontinuierlichen Beschickung ruhte die Nitrifikation, da die Nitrobakterien bei dem Mangel an Sauerstoff fast vollständig zu Grunde gegangen, von 50 000 (in 1 g) auf weniger als 100 reduziert, waren.

Feststellungen darüber, ob pathogene Keime die Filter passieren, wurden bei den mitgeteilten Versuchen nicht gemacht. Ueber die Beschaffenheit des gereinigten Wassers mit Bezug auf seine etwaige Benutzung als Trinkwasser ließen sich die Experimentatoren nichtsdestoweniger wie folgt aus: „Der Gehalt an organischem Stickstoff, den das gereinigte Wasser noch besitzt, ist geringer als derjenige, den die meisten Trinkwasser des Staates Massachusetts enthalten. Chlor und Salpetersäure ist aber in größeren Mengen darin vorhanden. Diese Stoffe weisen auf den Ursprung der Verunreinigung in dem menschlichen Haushalt hin. Wenn das Wasser jedoch von Ammoniak frei ist, so ist damit der Beweis geliefert, daß die organischen Verunreinigungen, die das Wasser enthielt, zerstört worden und an ihre Stelle mineralische Bestandteile getreten sind. Hauptsächlich bestehen dieselben aus Chlornatrium und Salpetersäure, welche in den Mengen, in denen sie in den gereinigten Wassern angetroffen werden, völlig harmlos sind.

Mit Bezug auf Belästigungen durch den von den Filtern abgezogenen Schlamm sprach sich der der Kommission angehörende Chemiker dahin aus, daß die gesammelten Stoffe den stabilsten Teil der Schmutzstoffe bildeten; sie hatten den stärksten oxydierenden Wirkungen widerstanden, ohne zerstört worden zu sein. Es sei daher ausgeschlossen, daß sie schnell oder unter belästigenden (objectionable) Vorgängen zersetzt werden könnten. Denn gerade diejenigen Teile der Schmutzstoffe, welche, gesammelt, zu belästigenden Vorgängen den Anlaß hätten geben können, seien durch die Filtration oxydiert worden. Deshalb brauche man den Abschlamm nur so aufzuspeichern, daß er gut durchlüftet werde und seien dann alle Befürchtungen ausgeschlossen.

Aus dem, was über die höchst wertvollen Lawrencer Versuche mitgeteilt ist, sind die Bedingungen einer rationellen Filteranlage für Schmutzwasser und ist die Wirkungsweise der Filtration klar erkennbar. Erstere lassen sich in die Worte zusammendrängen: Sauerstoff und Zeit. Unter Sauerstoff ist atmosphärische Luft, unter Zeit, sowohl die (der Filterbeschaffenheit anzupassende) Menge des aufgeleiteten Schmutzwassers als auch intermittierender Betrieb des Filters zu verstehen. Wirkungsweisen der Filtration sind drei, wenn es sich um ein neu in Betrieb genommenes Filter handelt: a) mechanische, bestehend im Zurückhalten von Schwebestoffen, b) Verminderung der organischen Stoffe durch Ueberführung von organischen Stickstoff (gebundenes Ammoniak) in die Form von flüchtigem Ammoniak, c) Nitrifikation. Im ungefähren traten diese Wirkungen auch in der hier eingehaltenen Reihenfolge auf. Bei länger in Betrieb gewesenen Filtern ist es wesentlich die Nitrifikation, welcher die Reinigung verdankt wird.

Sinngemäß gelten die Versuchsergebnisse auch für die natürliche (Boden-) Filtration. Das Wichtigste was dabei zu beachten, ist, daß wenn die Bodenoberfläche nicht die zur Einführung ausreichender Mengen von Luft erforderliche Beschaffenheit besitzt, diese künstlich hergestellt werden muß, was oft am einfachsten wohl durch Aufbringen einer Schicht grobkörnigen Materials geschehen kann. Weiter ist Aufbringen der Schmutzwasser in kleinen Quantitäten, mit öfterer Wiederholung, notwendig und daneben in gewissen Zeitabständen Abschlämmen des Filters mit kürzeren oder längeren Ruhepausen. Selbstverständlich muß die ab-

solute Menge der Schmutzwasser, welche aufgebracht wird, der wechselnden spezifischen Leistungsfähigkeit des Filtermaterials angepaßt sein. Last not least ist sorgfältige genaue Beobachtung, und fast peinliche Sorgfalt bei allen Betriebseinrichtungen eine Sache, von der die Leistung der Filtration in sehr hohem Grade abhängt.

§ 175. Außer aus Boden hat man mehrfach Filter aus andren Materialien, in der Absicht erhöhte Leistungen zu erzielen, aufgebaut, daneben auch besondere Einrichtungen zur Belüftung des Wassers (Kaskaden u. s. w.) getroffen. Hier und da wurden dem Wasser auch Chemikalien zugesetzt und ging dem Filtern eine Klärung in Becken, oder auch ein anderes Verfahren zur möglichst vollständigen Befreiung des Schmutzwassers von Schwebestoffen voraus. Als Stoffe, welche beim Filtern benutzt worden sind, werden hier beispielsweise Schwämme, Kohlen, Eisen, zerkleinerter gebrannter Thon, Koke, Kalksteine u. s. w. genannt. Die Anlagen dieser Art, welche zuerst in England (Coventry, Uxbridge und andern Orten) entstanden, indessen allgemein von wenig Erfolg begleitet gewesen sind, bieten zur Anstellung von Betrachtungen allgemeiner Art keine genügenden Anhaltspunkte, insofern als es sich dabei nicht vermeiden läßt, mehr oder weniger weit auf Konstruktionsbesonderheiten einzugehen. Deshalb wird die Behandlung derselben zweckmäßig für den zweiten Teil des Buches vorbehalten.

Es sei hier noch der sogen. Untergrundberieselung kurz gedacht, welche darin besteht, daß man bereits von Schwebestoffen befreite Wasser unterirdisch dem Boden einverleibt, indem man es diesem durch Röhren mit durchlochter Wand oder offenen Stoßfugen zuführt. Bequem und unschädlich lassen sich auf diese Weise Dachwasser entfernen. Für Behandlung größerer Mengen von eigentlichen Schmutzwassern ist aber das Verfahren nicht geeignet.

Eine besondere Art der Filtration, die auf Beseitigung der Bakterien hinausgeht, ist von Scott-Moncrieff und von Waring versucht worden. Das Wasser wird von oben nach unten durch Filter aus groben Stücken (Kieseln u. s. w.) geleitet, die große Hohlräume haben und reichlich Luft enthalten, die man eventuell künstlich zuführen kann. Einerseits soll das Gedeihen der Nitrobakterien befördert, anderseits — durch die Größe der Hohlräume — das Fortspülen der Stoffwechselprodukte derselben mit dem Wasser begünstigt werden. In der That hat man gefunden, daß während die Oberflächen der groben Stücke mit Kolonien dicht bedeckt wurden, dieselben sich im übrigen, auch bei mehrmonatlichen Gebrauche, rein erhielten, in Uebereinstimmung mit den oben erwähnten Resultaten der Filterversuche in Lawrence. Ob das Verfahren im großen anwendbar ist, mag zweifelhaft sein; doch sind fernere Versuche damit jedenfalls empfehlenswert.

§ 176. Bei der Bodenfiltration wird der Düngerwert der Schmutzwasser verloren gegeben. Man ist dabei frei von den Beschränkungen, die bei Nutzung zu Fruchtbau vorhanden sind und reicht mit verhältnismäßig kleiner Bodenfläche aus. Stehen große Bodenflächen zur Verfügung, so kann eine gewisse Nutzung des Düngerwertes erreicht werden, indem man nicht dauernd filtriert, sondern das Filtergelände abwechselnd zur Filtrierung und zum Fruchtbau benutzt. Dieser Betrieb bildet den Uebergang von der Filtration zur gewöhnlichen Rieselwirtschaft. Doch wird weiterhin nachgewiesen werden, daß letztere der Filtration mit Zwischennutzung des Filtergeländes zum Fruchtanbau, je nachdem als Hilfs- oder Noteinrichtung, nicht entbehren kann. Auch bei der gewöhnlichen ackerwirtschaftlichen Nutzung des Bodens findet, wenn dieselbe gelegentlich Schmutzwasser verwendet, in ungeregelter Weise ein ähnlicher Betrieb statt.

Wechselbetriebe, wie die in Rede befindlichen, scheinen namentlich in England

beliebt zu sein. Im Herbst, Winter und Frühjahr wird gefiltert, im Sommer das Gelände mit Frucht bestellt; selbstverständlich kann auch in andrer, sogar umgekehrter Weise verfahren werden; auch kann der Fruchtanbau mehrere Jahre hindurch ruhen.

Ob dies Verfahren empfehlenswert ist, lässt sich nicht allgemein entscheiden, da mancherlei Umstände, die teils örtlicher Natur sind, dabei mitsprechen. Aber wenn die zur Verfügung stehenden Bodenflächen nur klein sind, so ist die Einrichtung zu verwerfen, weil dann zu befürchten steht, dass der Boden bei der Filtration überlastet wird, und keine ausreichende Reinigung der Schmutzwasser stattfindet. Es entsteht dann auch leicht die Gefahr, daß in dem Betrieb Regellosigkeit Eingang findet, bei der der Zweck der Wasserreinigung in zweite Stelle rückt, mehr oder weniger nebensächlich behandelt wird. Und wenn auch auf der einen Seite der Fruchtanbau zur Reinhaltung des Bodens etwas beiträgt, so ist es doch fraglich, ob die durch denselben gebotenen Formänderungen in der Oberflächengestalt des Bodens u. s. w. dem Filtrationszwecke nicht mehr oder weniger abträglich sind. Indessen sind dies Fragen auf die es eine allgemeine Antwort nicht giebt.

Die Zweifel werden jedoch in dem Maße geringer als die zu Gebote stehende Landfläche wächst, wenngleich damit auch die Ausbreitung der Schädlichkeiten zunimmt. Denn je mehr ersteres der Fall, um so mehr tritt die Wasserreinigung durch Filtration in den Hintergrund und um so mehr Bedeutung gewinnt die durch Nutzung, d. h. die Aufzehrung der Dungstoffe der Schmutzwasser durch den Pflanzenwuchs, an Bedeutung. Wie die gewöhnliche Landbestellung vom hygienischen Standpunkt beurteilt, einwandfrei ist, so kann auch ein Wechselbetrieb zwischen Filtration und Fruchtanbau auf dem Filtergelände von demselben Standpunkte aus einwandfrei sein. Indessen, ob dies stattfindet? ist wieder eine Frage die sich ganz nach Lage der Besonderheiten des Falles entscheidet; immerhin ist die Gefahr, daß bei der Filtration zeitweilig Ueberlastung des Bodens stattfindet, vorhanden, auch wenn die Landfläche groß ist. Mit dieser Gefahr ist namentlich dann zu rechnen, wenn die Stadt, welche die Schmutzwässer liefert, und der Nutznießer davon zwei verschiedene Personen sind. Aber eine Anlage, wie hier in Rede steht, kann auch in gesundheitlichem Sinne günstiger arbeiten als eigentliche Rieselfelder, wenn diese sich mit kleinerem Gelände zu behelfen haben. Und es ist zu beachten, daß die beste landwirtschaftliche Nutzung von Abfallstoffen gleichzeitig auch den Ansprüchen der Gesundheitspflege am besten Genüge leistet.

§ 177. Die Reinigung von Schmutzwassern durch Berieselung beruht im wesentlichen ebenfalls auf der Filterwirkung des Bodens, der aber die Aufzehrung gewisser Teile der Schmutzstoffe durch die Vegetation hinzutritt; letztere erfolgt teils unmittelbar, teils nachdem die Stoffe durch Zersetzung in den aufnahmefähigen Zustand versetzt worden sind. Weiter erfolgt in bedeutendem Umfange die Aufnahme von Wasser durch die Pflanzen, welches dieselben teils zu ihrem Aufbau verwenden, teils von ihrer Oberfläche an die Atmosphäre abgeben. Und endlich verschwindet ein erheblicher Teil des Wassers durch Verdunstung unmittelbar an die Atmosphäre. Spezielle Angaben über die Größe der Wirkung beider Faktoren sind S. 60 u. S. 63 mitgeteilt. Es folgt zunächst, daß die gereinigten Wassermengen, welche versickern, bezw. aus dem Grunde eines Rieselfeldes abfließen, wesentlich geringer sind, als die zugeführten Schmutzwassermengen. Indessen kommt auf der andern Seite das in Regen- und Schneefällen erfolgende Wasser wieder hinzu.

Obgleich einige sehr frühe Beispiele der Benutzung des Wassers zu Berieselungszwecken vorliegen (S. 11), so ist, verglichen mit andren Reinigungsverfahren, die Berieselung doch eine Einrichtung der neueren Zeit. Ihr Ausgangspunkt scheint

England zu sein. Dort betrieb man zunächst die Reinigung mittelst Filtration unter teilweiser Nutzung der Filter auch zum Fruchtbau. Als man vielfach nur ungünstige Ergebnisse erlangte, wandte man sich mehr und mehr der Berieselung allein zu, die in England heute so weit ausgebreitet ist, daß dort zur Zeit nahezu 50 Städte anzutreffen sind, die sich dieses Verfahrens der Schmutzwasserreinigung bedienen. Spezielle Angaben darüber (nach Roechling) in Weyl, Handbuch der Hygiene Bd. 2.

In Deutschland geht die Zahl der für die Schmutzwasserreinigung ganzer Städte zur Zeit bestehenden Anlagen nicht über 8 hinaus; doch bestehen daneben zahlreiche kleinere Anlagen für besondere Institute (Straf- und Irrenanstalten u. s. w.) und ist eine Reihe von größeren Städten in den Vorbereitungen zur Einrichtung von Rieselbetrieb mehr oder weniger weit vorgeschritten. Aus der neueren Zeit besitzt unter den deutschen Städten Danzig die erste Rieselfeldanlage, die Anfang der 70er Jahre eingerichtet ist.

Die älteren Rieselbetriebe hat man sich im allgemeinen als sogen. „wilde" zu denken. Das Rieselland wurde nur wenig für den Zweck vorgerichtet und auch das Rieselwasser nur in unregelmäßiger Zeitfolge aufgebracht. Auch die Sorgfalt in der Abführung des gereinigten Wassers blieb wohl oft dem Zufall überlassen. Derartige Betriebe bestehen auch heute noch mehrfach, besonders in Amerika. Das Verfahren setzt voraus, daß das für Rieselzwecke zur Verfügung stehende Land in überschüssiger Größe zur Verfügung steht und ferner eine geeignete Oberflächengestalt — erhöhte Lage — hat. Unter solchen Umständen nähert sich der Rieselbetrieb einigermaßen dem gewöhnlichen landwirtschaftlichen Betriebe und kann auch gesundheitlichen Anforderungen genügen.

Wo Rieselland knapp, oder auch nicht von unmittelbar geeigneter Oberflächengestalt und Beschaffenheit des Grundes zu erlangen ist, ist es erforderlich, in die ganze Einrichtung und den Betrieb strenge Ordnung und System hineinzutragen. Dies ist das Charakteristikum der neueren Anlagen, welches wir in Deutschland in ausgeprägter Weise beim Rieselwesen von Danzig antreffen, das (von Wiebe eingerichtet) auf guten englischen Vorbildern fußt. —

§ 178. Damit die Schmutzwasserreinigung durch Rieseln günstige Erfolge ergebe, günstig sowohl mit Bezug auf den Reinigungszweck, als mit Bezug auf die Nutzung der in den Schmutzwassern enthaltenen Dungstoffe, muß eine ganze Reihe von Voraussetzungen und Bedingungen erfüllt sein.

Zunächst spielen die klimatischen Verhältnisse eine große Rolle. Je mehr ausgeglichen die Temperaturen, je höher die mittlere Temperatur der Oertlichkeit und je länger die Vegetationsperiode des Jahres, um so günstiger gestaltet sich sowohl in gesundheitlicher als in wirtschaftlicher Hinsicht der Erfolg einer Rieselanlage. Das ausgeglichene und warme Klima Englands, mit einer Vegetationsdauer von 8—10 Monaten, ist gegenüber Deutschland mit 6—7 Monaten Vegetationsdauer sehr begünstigt. Denn wenn auch die Schmutzwasser bei unterirdischer Zuleitung selbst in kalter Jahreszeit mit der Temperatur von 5—8° auf den Rieselfeldern ankommen, so werden sie doch bei nicht alsbaldiger Verteilung und bei ihrer weiten Ausbreitung auf dem Rieselfelde stark abgekühlt und erstarren bei niederen Temperaturen zu Eis. Ist auch unter der (lockeren) Eisdecke die Verteilung nicht ganz gehemmt, so ist sie doch erschwert, und bei längerem Bestehen einer Eisdecke verfault der Graswuchs von Wiesen unter derselben oder friert aus. Dasselbe findet noch viel leichter statt mit Halmfrüchten. In diesen Ursachen und in dem besonders hohen Wasserverbrauch der amerikanischen Städte ist es begründet, daß in Nordamerika mit seinen niedrigen Wintertemperaturen, trotz der großen Land-

flächen, die dafür zur Verfügung stehen, die Schmutzwasserreinigung durch Berieselung andern Reinigungsverfahren nachgesetzt wird. Es ist ferner darin begründet, daß Städte nahe der Seeküste — wie z. B. Danzig — besser mit der Berieselung fahren als binnenländische Städte mit weniger ausgeglichenem Klima. Im Staate Massachusetts beträgt z. B. die mittlere Temperatur der 4 Monate Dezember-März —4°, in Danzig noch nicht —1°. Dazu sind die Frostperioden dort viel länger als hier.

Bei den großen Schmutzwassermengen, welche untergebracht werden müssen, ist auch die jährliche Regenhöhe und deren zeitliche Verteilung von Wichtigkeit für den Rieselbetrieb. Gleichmäßige Verteilung — viele Landregen — sind günstig im Vergleich zu wenigen aber heftigen Regenfällen — Gewitterregen —, da bei zu reichlicher Wasserzuführung die Vegetation durch Faulen stark leidet, vielleicht auch die Nitrobakterien weniger günstig als sonst arbeiten. — Im allgemeinen findet auf Rieselfeldern in den vegetationsfreien Monaten die Schmutzwasserreinigung nur durch Filtration statt.

In zweiter Linie wird Rieselwirtschaft von den Verhältnissen, die für den Absatz der erzeugten landwirtschaftlichen Produkte bestehen, berührt. Je größer der Markt für bestimmte Fruchtarten, um so mehr eignen diese sich zum Massenanbau auf den Rieselfeldern. Danach ist Anbau von Halmfrüchten (Cerealien) allgemein im Vorzuge vor dem Anbau von sogen. Hackfrüchten und Gras. Letztere sind jedoch viel stärker konsumtionsfähig für Schmutzwasser, und stehen auch für längere Zeit im Jahre als jene dem Rieselbetriebe offen. Daraus ergiebt sich ein gewisser Zwang zum Anbau selbst von Fruchtgattungen, für welche ungünstige Absatzverhältnisse bestehen, die deshalb nur weniger gut verwertbar sind. Trotzdem in England die Absatzbedingungen für Hackfrüchte und Grasbau wenig günstig sind — wegen der geringen Dauer des Winters, die es unnötig macht große Vorräte für Viehfütterung aufzuspeichern —, werden die englischen Rieselfelder doch vorzugsweise mit Hackfrüchten und Gras bestellt. Im allgemeinen wird die Nähe einer großen Stadt die Ungunst der hier berührten Verhältnisse einigermaßen mildern.

Um nicht Erhöhungen des Grundwasserstandes zu bewirken, muß Rieselland einen guten unterirdischen Abfluß, daher erhöhte Lage gegen die Umgebung haben. Thalkessel sind zu Rieselfeldern ungeeignet. Es können aber auch Städte, die in Thalkesseln liegen, gehindert sein, Rieselfelder außerhalb der Thalkessel zu benutzen, weil vielleicht der Transport der Schmutzwasser über die umgebenden Höhenzüge unverhältnismäßige Kosten erfordern würde. — Wo die natürliche Vorflut für das Sickerwasser nicht ausreicht, muß durch Bodendrainierung Abhilfe geschaffen werden. Letztere wird in der Regel aber auch aus zwei andern Gründen notwendig sein: a) um Zumischung des Sickerwassers zum Grundwasser zu verhindern und b) um den Durchgang atmosphärischer Luft im Interesse des Nitrifikationsvorganges zu befördern. Bei gut ausgeführter Drainierung kann — da das Regenwasser dem Grundwasser vorenthalten bleibt — der Grundwasserspiegel auf Rieselfeldern sich senken, und das Sickerwasser seinen eigenen — höher als jener liegenden — Grundwasserspiegel haben. Die Bestimmung der richtigen Höhenlage und des Gefälles der Drains ist von großer Wichtigkeit, weil bei zu flachen Lagen ungenügende Reinigung der Schmutzwasser, bei zu tiefer Lage Versumpfung der Felder erfolgt. In den Drains wird oft die Ansiedelung besonderer Algenarten in großen Mengen bemerkt: ein Zeichen von mangelhafter Entfernung der Fäulnisstoffe aus den abfließenden Wassern.

In Gegenden mit Bergbaubetrieb kann die Einrichtung von Rieselfeldern unthunlich sein, weil vielleicht Wassereinbrüche von oben dadurch hervorgerufen werden, auch die sichere Lage der Leitungen nicht gewährleistet ist.

Da Wärme den Verlauf der Umbildung der Schmutzstoffe, sowie den Pflanzen-

wuchs wesentlich fördert, sind als Bodenarten für Rieselland diejenigen mit hoher spezifischer Wärme grundsätzlich im Vorzuge vor andren Bodenarten. Danach wirken Quarzsand, Kalksand, lehmige und thonige Böden, auch Haideboden, Mergellehm und humoser Lehmboden besser als die sogen. schweren Bodenarten. Indessen würde, wenn die genannten Bodenarten nicht ihrer Struktur nach sich am besten für Rieselzwecke eigneten, das Moment der spezifischen Wärme bei Beurteilung ihrer Eignung nur wenig ins Gewicht fallen, weil bei der dauernden Feuchtigkeit des Riesellandes die Bodenwärme mehr durch das hohe Wärmeleitungsvermögen als durch die spezifische Wärme bestimmt ist. Fetter Humusboden ist für Rieselung wenig günstig.

Im übrigen gelten für die Bodenbeschaffenheit von Rieselland etwa dieselben Ansprüche wie für die Beschaffenheit von Boden, welcher zur Reinigung von Schmutzwassern mittelst Filtration benutzt wird (S. 283 und 285 ff.). Es greifen nur gewisse Modifikationen durch die Rücksichten auf die landwirtschaftliche Nutzung Platz. Auf lehmigem Boden wird durch Schmutzwasser die Fruchtbarkeit mehr gefördert als auf Sandboden. Wiederholt mag werden, daß grobsandiger Boden im Vorzuge von feinsandigem ist, daß aber Sandboden überhaupt erst nach einigen Jahren Betriebsdauer günstige Ergebnisse liefert, wenn sich darin eine gewisse notwendige Menge von Humusstoffen infolge der Berieselung selbst gebildet hat. —

§ 179. Die Mengen der Schmutzwasser sind, auf Wochen oder Tage berechnet, während des ganzen Jahres nicht sehr verschieden, wenn auch kleine Unterschiede durch Aenderungen im Wasserverbrauch stattfinden; diese Verschiedenheiten können durch Zufluß von gewerblichen Wassern und geringe Regenfälle einigermaßen ausgeglichen werden. Größere Aenderungen können aber durch Regenfälle verursacht werden, wenn Aufnahme von Regenwasser in die städtische Kanalisation stattfindet. In der Regel wird jedoch durch Regenüberfälle und Notauslässe dafür gesorgt sein, daß nur eine gewisse geringe Menge Regenwasser den Rieselfeldern zugeführt wird. Im Gegensatz zu der Beständigkeit des Zuflusses von Schmutzwassern ist seine Gebrauchsfähigkeit auf Rieselfeldern in hohem Grade mit der Zeit wechselnd, da sie sich nach der Vegetation, auch nach Witterungszuständen, zu richten hat. Es können im Herbst nach Beendigung der Vegetationsperiode und im Frühjahr vor Beginn der Bestellung als Vorbereitung für die nächstfolgende Vegetationsperiode viel größere — die 2—3fachen — Mengen von Schmutzwassern auf das Rieselland geleitet werden, als während der Vegetationsperiode selbst. Es kann andrerseits im Sommer bei länger dauernder nasser Witterung unmöglich sein, auf gewissen Teilen des Feldes überhaupt zu rieseln. Im weitern kann der Rieselbetrieb zeitweilig durch Frost unterbrochen werden.

Diese Verschiedenheiten in Zufuhr und Bedarf an Rieselwasser machen Ausgleicheinrichtungen notwendig. Dieselben bestehen in der Behandlung des überschüssigen Schmutzwassers mittelst Filtration. In der Winterszeit kann man den Ausgleich dadurch beschaffen, daß man entweder auf dem nackten Lande tiefe Furchen (flache Gräben) zieht, in welchen man die Schmutzwasser versickern läßt, oder indem man größere Becken aushebt, in welche das Wasser bis zu einer bestimmten Höhe eingelassen wird. Beide Einrichtungen sind sachlich dieselben und nur in der Form verschieden. Bei der Leitung des Wassers in tiefen Furchen ist eine Unterbrechung des Betriebes viel weniger leicht zu fürchten, als bei der Leitung in dünner, breiter Fläche. Aus den Becken — welche auf den Berliner Rieselfeldern bis 9 ha Größe vorkommen, und die uneigentliche Bezeichnung Einstaubassins führen — verschwindet das bis zur Höhe von etwa 0,5 m eingelassene Wasser durch Verdunsten und Einsickern in die Seitenwände und den Boden in mehr oder

weniger langer Zeit, seine Schwebestoffe auf der Beckensohle zurücklassend. Diese wird nach Abtrocknung in landwirtschaftliche Benutzung genommen, wie die übrigen Teile des Rieselfeldes.

Es ersieht sich, daß die Becken unvollkommene Filtereinrichtungen sind, deren Leistung in Bezug auf die Reinigung des Wassers mehr oder weiniger mangelhaft sein wird. Im Frühjahr, beim Abtrocknen des auf der Beckensohle abgelagerten Schlammes werden belästigende Gerüche entstehen. Schon wegen letzterer Befürchtung sind Becken für den Gebrauch in warmer Jahreszeit nicht leicht zuzulassen.

Eine andere Möglichkeit, den Unterschied zwischen Zufuhr und Gebrauch von Abwassern auf Rieselfeldern auszugleichen, besteht darin, zu Zeiten überflüssige Wassermengen an die Eigentümer benachbarter Ländereien abzulassen. Was dies Hilfsmittel zu leisten vermag, ist von örtlichen Besonderheiten abhängig.

Bei Belegenheit des Rieselfeldes nahe der Seeküste oder am Ufer eines größeren Gewässers kann man sich eines zeitweiligen Ueberschusses von Schmutzwassern vielleicht durch Einleitung in das Gewässer entledigen.

§ 180. Um nicht Auflandungen aptierter Flächen, welche bald hemmend auf den Wasserabfluß wirken können, entstehen zu lassen, auch um Schlammansammlungen in den geschlossenen unterirdischen und den offenen Leitungen zu vermeiden, endlich um von den Früchten auf dem Rieselfelde Beschmutzungen und Fäulnis fernzuhalten, müssen, bevor das Wasser „aufgelassen“ wird, die Schwebestoffe aus demselben möglichst entfernt werden; dies geschieht am besten in Absitzbecken, die bei größerem Umfang überbaut werden sollten, gewöhnlich aber als offene angelegt werden. Zuleitungsgräben dadurch vor Verschlammen zu schützen, daß man die Einfassungen derselben aus stark durchlässigen Packungen herstellt, ist ein Mittel, welches aus ersichtlichen Gründen keine allgemeine Empfehlung verdient.

§ 181. Abgesehen von bestellten Flächen, deren Vegetationszustand zeitweilig die Rieselung ausschließt (Reifezeit u. s. w.), bedarf es zur Unterbringung gegebener Mengen von Schmutzwassern einer gewissen Flächengröße, die so bemessen sein muß, daß sie die verlangte Reinigung des Wassers dauernd zu leisten vermag; Rücksichten auf landwirtschaftliche Nutzung treten bei der Flächenbemessung in zweite Linie. Gegen die Beachtung dieses Grundsatzes wird öfter verstoßen, freilich meist deshalb, weil die Erwerbung einer größeren Fläche von Rieselland höhere Kosten bedingt. Ein vermehrter Aufwand dafür fällt aber insofern nicht besonders schwer ins Gewicht, weil der Bodenwert etwas Bleibendes ist, auch noch erhalten bleibt, wenn das Land für Rieselzwecke später etwa nicht mehr benutzt wird. Hierin liegt ein für Rieselungseinrichtungen im Vergleich zu andern künstlichen Einrichtungen zur Schmutzwasserreinigung besonders günstiger Umstand, indem künstliche bauliche Anlagen, wenn spätere Aenderungen Platz greifen, in die Gefahr geraten, völlig entwertet zu werden, sogar sich in eine dauernde Last verwandeln können.

Wenn mit den Schmutzwassern nicht größere Mengen von Fabrikwassern vermischt sind und auch nicht Regenwasser in größeren Mengen zu den Rieselfeldern geführt werden, so bildet für das Erfordernis an Rieselland die Kopfzahl, von welcher die Schmutzwasser auf die Rieselfelder geschafft werden, den im allgemeinen zutreffenden Maßstab. Daß derselbe aber nur ein annähernd richtiger ist, folgt aus den großen Verschiedenheiten im Verunreinigungszustande der Schmutzwasser, welche in den verschiedenen Orten bestehen (Tab. S. 165 u. 277). Eine genauere

Bestimmung der Feldgröße muß auf den Besonderheiten der durchschnittlichen Beschaffenheit der Schmutzwasser einer Stadt fußen, wobei dann auch die etwaige Zumischung von Fabrik- und Regenwassern mit zur Berücksichtigung gelangt. Wird die Kopfzahl zur Grundlage genommen, so sind für Fabrik- und Regenwasser entsprechende Zuschläge zu machen.

Aus den bestehenden Ungleichheiten des Wasserverbrauchs in verschiedenen Städten ergiebt sich, daß nicht ein einziger Satz für den Bedarf an Rieselland pro Kopf zutreffen kann und entsprechend werden in der Wirklichkeit auch sehr ungleich hohe Sätze angetroffen; dieselben können um das 5—10fache wechseln. Doch mag es sich bei sehr weiten Abweichungen von einem Mittelsatze zuweilen auch um Anlagen handeln, deren Leistungen ungenügende sind, die einfach toleriert werden. Aber es sprechen auch die Ungleichheiten in der Leistungsfähigkeit des Bodens und andre Faktoren, auf welche oben bereits eingegangen ist, erheblich mit.

Einen Maßstab von gewisser, vielleicht größerer Zuverlässigkeit als die Kopfzahl bildet die Jahreshöhe der Schmutzwasserschicht, welche auf ein Rieselfeld aufgebracht werden kann. Auch hierbei werden sehr große Verschiedenheiten angetroffen; doch sind betreffende Angaben nur in geringer Zahl bekannt geworden. Auf die Pariser Rieselfelder bei Gennevilliers wurden eine Zeit lang pro Jahr 40 000 bis 60 000 cbm Wasser pro Hektar gebracht, d. h. eine jährliche Schichthöhe von 4—6 m. Diese Menge erwies sich aber bald als viel zu hoch; sie brachte eine bedeutende Erhöhung des Grundwasserstandes zuwege, Brunnenverderbnis in den benachbarten Ortschaften und Auftreten von Typhusepidemien. Man hat infolge davon eine bedeutende Herabsetzung der obigen Mengen durchführen müssen.

Für die Craigntinny-Wiesen bei Edinburg stehen ähnlich große und größere Wassermengen zur Verfügung; doch handelt es sich hier teilweise um eine mehr wilde Berieselung und fließt das Wasser, wenn im Ueberfluß ankommend, oder in Zeiten, wo es dem Stande der Vegetation nach nicht gebraucht werden kann, entweder selbstthätig in ein offenes Gewässer ab, oder wird unmittelbar dahin abgeleitet.

Die Berliner Rieselfelder erhalten jährliche Wassermengen zugeführt, welche sich zwischen 12 000 und 16 000 cbm, d. h. Schichthöhen von 1,2—1,6 m bewegen.

In England bringt man allgemein größere Wassermengen als diese auf, indem man bei Sandboden 12500—25 000 cbm pro Jahr und Hektar rechnet. Unter 45 englischen Städten, welche Rieselung benutzten, waren (in 1895):

7	mit einer Kopfzahl	von	120— 200	für 1 ha Rieselfeld,
8	„ „	„	200— 300	„ „ „ „
10	„ „	„	300— 400	„ „ „ „
7	„ „	„	400— 600	„ „ „ „
4	„ „	„	600— 800	„ „ „ „
3	„ „	„	800—1000	„ „ „ „
6	„ „	über	1000	„ „ „ „

Die Mehrzahl der englischen Städte hält demnach die Grenzen von etwa 200 und 450 Köpfe pro Hektar Rieselfeldfläche fest. Gleiche Zahlen werden auch in Deutschland angetroffen, z. B. in Breslau (in 1896 392 Köpfe) und ähnlich in Magdeburg. Bei kleineren Rieselfeldern mit intensiveren Kultur- und sonst günstigen Verhältnissen kann man höher gehen. Noch stärkeren Inanspruchnahmen, die hier und da angegeben worden, liegen wahrscheinlich besondere Verhältnisse zu Grunde, die nicht näher bekannt sind. So z. B. kann dabei der Umstand im Spiele sein, daß ein Teil der Stadtbewohnerschaft seine Abwasser den Rieselfeldern nicht zusendet, sondern sich derselben auf irgend eine andre Weise entledigt. Gewisse Wechsel in

den Zahlen ergeben sich auch aus der Bevölkerungszunahme der Stadt, mit der die Vergrößerung der Rieselfeldfläche nicht gleichen Schritt hält.

Uebrigens ist zu beachten, daß die angegebenen Flächen auch diejenigen Teile der Rieselfelder mit einschließen, welche in Wegen, großen Gräben oder sonst für die Rieselung nicht unmittelbar verwertbaren Flächen liegen, daß daher die für Schmutzwasser aufnahmefähigen Flächen um einen gewissen Prozentsatz kleiner sind, über den aber gewöhnlich nichts Näheres bekannt ist.

Als zu Anfang der 80er Jahre bei der nicht genügend weit vorgeschrittenen Herrichtung der Berliner Rieselfelder verschiedene Unregelmäßigkeiten und Mißstände einrissen, sah die Staatsregierung sich zur Einsetzung einer besondern Ueberwachungskommission, die aus Medizinalbeamten, Technikern und Verwaltungsbeamten gebildet ward, veranlaßt. Die Kommission erließ einige Vorschriften, worunter auch eine über die Größe der Rieselfelder. Sie forderte, daß „aptierte Rieselfeldflächen" im Verhältnis von 1 ha auf 250 Stadtbewohner vorhanden sein sollten.

Am 1. April 1893/94 stellten sich die bezüglichen Verhältnisse der Rieselfelder nach dem für 1893/94 vorliegenden Verwaltungsbericht folgendermaßen:

Bestand an aptierten Flächen in den Rieselbezirken	ha	Von den zugeführten Abwassermengen entfallen: Kubikmeter auf 1 ha im Jahr	Kubikmeter auf 1 ha auf 1 Tag	Liter auf 1 qm und Tag 1894/95	Liter auf 1 qm und Tag 1893/94	Liter auf 1 qm und Tag 1892/93
1. Osdorf	892,03	12527,18	34,32	3,31	3,43	4,00
2. Großbeeren	1316,39	15488,03	42,43	3,90	4,24	4,41
3. Falkenberg	889,32	13846,16	37,93	3,18	3,79	4,17
4. Malchow	1015,57	12767,10	34,97	3,71	3,49	3,54
5. Blankenfelde	559,57	12010,00	32,90	3,91	3,29	2,50
=	4672,88	13602,63	37,627	3,59	3,37	3,84
Dagegen 1894/95 =	5061,00	13103,00	35,900	—	—	—

Nimmt man den an die Kanalisationsanlage angeschlossenen Teil der Stadtbevölkerung für das Jahr 1893/94 zu 1 600 600 an, so entfiel 1 ha aptiertes Rieselland auf $\frac{1\,600\,000}{4672,88} = 343$ Köpfe. Wenn man aber den ganzen, zu Rieselzwecken erworbenen Landkomplex, einschießlich Wege, von Gebäuden, Gärten, Hofstellen, Teichen, Wald u. s. w. bedeckten Landbesitz in Rechnung stellt und entsprechend auch die ganze Bevölkerung der Stadt, nebst Bevölkerungsteilen von Nachbarorten, die an die Berliner Kanalisation angeschlossen sind, so ergiebt sich 1 ha Land auf $\frac{1\,700\,000}{8453,61} =$ rund 200 Köpfe und im Jahre 1894/95 $\frac{1\,750\,000}{9259,46}$ = rund 189 Köpfe.

Das Rieselland war, verglichen mit dem für Schmutzwasser aufnahmefähigen Teil desselben 1893/94 in dem Verhältnis $= \frac{8453,61}{4672,88} = \frac{1,81}{1,00}$, und 1894/95 in dem Verhältnis $= \frac{9259,46}{4990,41} = \frac{1,86}{1,00}$ größer, recht ungünstige Verhältnisse, die ihre Erklärung teils in der nicht geschlossenen Form der Rieselländereien, teils in deren Oberflächengestalt und Kulturzustand, teils in der absoluten Größe der Ländereien finden. Bei kleinen Anlagen wird sich das Verhältnis der Gesamtfläche zur unmittelbar nutzbaren Fläche regelmäßig viel günstiger herausstellen. In-

dessen wird man, wenn das Rieselfeld ein paar hundert Hektaren Ausdehnung erreicht, wohl immer auf ein Verhältnis der Gesamtfläche zur nutzbaren Fläche engeren Sinnes von $\frac{1{,}1-1{,}3}{1}$ zu rechnen haben.

§ 182. Aus den Berliner Verwaltungsberichten lassen sich auch nähere Angaben über die Verteilung der Schmutzwassermengen auf die einzelnen Monate des Jahres entnehmen. Für das Jahr 1. April 1893/94 war die Verteilung in Prozenten folgende:

Rieselbezirke	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November
1. Osdorf	7,36	7,47	7,75	8,01	7,40	7,87	8,51	9,34	9,00	8,72	9,40	9,17
2. Großbeeren	7,58	7,33	7,84	8,42	7,18	7,86	8,47	9,26	8,86	8,67	9,40	9,13
3. Falkenberg	7,50	7,40	7,70	8,05	6,80	8,15	8,85	9,75	9,30	8,70	9,10	8,70
4. Malchow	7,35	7,52	8,28	8,75	7,76	8,72	8,55	9,02	9,12	8,49	9,05	7,39
5. Blankenfelde	8,24	7,87	9,20	9,23	5,67	6,87	7,92	9,88	8,29	10,00	9,30	7,53
=	7,61	7,52	8,15	8,49	6,96	7,89	8,46	9,45	8,91	8,92	9,25	8,39
	23,28			23,34			26,82			26,56		
Dagegen 1894/95 —	7,85	7,81	6,69	8,51	7,97	8,58	9,00	9,14	9,65	8,44	7,97	8,58
	22,35			25,06			27,79			24,80		

Die Verteilung der Wassermengen auf die Jahreszeiten und einzelnen Monate, sowie der Verbrauch sind gleichmäßiger als erwartet werden möchte: in den Wintermonaten am geringsten, in den Sommermonaten am höchsten. In diesem Verhältnis macht sich einerseits der Einfluß vermehrter Regenfälle (die Sommermonate haben in der Umgegend von Berlin den meisten, die Wintermonate den geringsten Regenfall), anderseits die Aufzehrung von viel Wasser durch die Vegetation und die Verdunstung geltend. Im Winter gehen große Wassermengen in die „Einstaubassins", so daß die auf das „Land" gebrachte Wassermenge wesentlich geringer als 23,28 %, bezw. 22,35 %, ist. In den übrigen Jahreszeiten dient das Wasser ausschließlich der Berieselung; in den Herbstmonaten handelt es sich vorwiegend um Reinigung durch Filtration.

Im gesundheitlichen Interesse wird es immer liegen, die Abwasser möglichst frisch und in möglichst gleichmäßiger Verteilung was die Zeit betrifft, auf die Felder zu bringen. Regenfälle üben in dieser Hinsicht keinen Einfluß, weil sie Verdünnung der Schmutzwasser bewirken. Einen Einfluß übt dagegen die Jahreszeit insofern, als bei höheren Temperaturen die chemischen Umbildungen und die Thätigkeit der Mikroben gesteigerte sind. Um diese Einflüsse näher erkennen zu können, werden auf Rieselfeldern zweckmäßig dauernde Beobachtungen über Lufttemperaturen und Bodenwärme ausgeführt. In der wärmeren Jahreszeit können größere Wassermengen bewältigt werden als in den kälteren. Dabei können indessen Kollisionen mit dem, was der Pflanzenbestand der Felder erlaubt oder verträgt, eintreten und man erkennt daraus, daß der Rieselbetrieb eine weit ins einzelne gehende planmäßige, vielerlei Faktoren in Betracht ziehende Ausführung erfordert, wenn seine Zwecke in möglichster Vollkommenheit erreichbar sein sollen. Werden die Schmutzwasser häufig wiederholt — in dünner Schicht —

aufgebracht, so kommt auch, bei dem großen Vermögen des Bodens, Gerüche zu binden, die Belästigung durch solche in Wegfall, wogegen dieselbe auftritt, wenn seltener aber in dickerer Schicht gerieselt wird. Hauptquellen der Gerüche sind allerdings stehende Tümpel, Lachen, unreine Gräben und kleine Bassins, die man zur Verteilung des Wassers auf den Feldern nicht entbehren kann. Wochenlange Unterbrechungen in der Aufbringung des Wassers, und alsdann massenhaftes Aufbringen sollten vermieden werden, und Unterbrechungen sich nur auf eine längere Stundenzahl oder einige Tage beschränken. Indessen läßt sich hierbei nicht generalisieren, da die Art der angebauten Früchte — bei welchen mancherlei Beschränkungen bestehen —, der Vegetationszustand, die Bodenbeschaffenheit und manches andre dabei mitsprechen.

Die Berliner Rieselfelder wurden — in ihrer ganzen Ausdehnung genommen — in den Jahren 1893/94 und 1894/95 je 11—14mal berieselt, also im Durchschnitt monatlich 1mal. Es entfällt dabei eine durchschnittliche Höhe der Wasserschicht von 10—13 cm. Selbstverständlich wechselt die Zahl der jährlichen Berieselungen einzelner Teile der Felder, die sich besonders nach den angebauten Fruchtarten zu richten hat, in weiten Grenzen; diese waren in den genannten Jahren bezw. 12 und 62; die Durchschnittszahl ist 30; die am häufigsten wiederkehrende Zahl bewegt sich zwischen 22 und 30, mag also zu 25 angenommen werden. Es entfällt danach eine Berieselung eines gewissen Teils jedes Feldes auf einen Zeitraum von je 12—14 Tagen = 2 Wochen.

§ 183. Der wirtschaftliche Ertrag der Rieselfelder sowohl als der Reinigungseffekt der Schmutzwasser hängen von zahlreichen kleinen Einzelnheiten, die bereits berührt worden sind, als auch von den großen Zügen der Organisation eines Rieselbetriebes ab. Handelt es sich um Anlagen für einzelne Institute (Gefängnisse u. s. w.), oder solche für kleine Orte, mit wenigen Tausenden von Bewohnern, so findet eine intensivere Nutzung der Schmutzstoffe statt; derartige Anlagen werden am besten an einen oder mehrere kleine Unternehmer zu verpachten sein und liefern dann Erträge, wodurch die Kosten ihre Deckung finden. Letzteres kann auch noch der Fall sein, wo geeignetes Rieselland zu billigen Preisen und in mehr als ausreichender Größe in nicht weiter Entfernung zur Verfügung steht, oder wenn sich größere Güter in der Nähe finden, welche die Schmutzwasser übernehmen, sei es daß sie dafür einen gewissen Preis gewähren, sei es daß unentgeldliche Ueberlassung stattfindet. Derartige Beispiele giebt es sowohl in England als in Deutschland, doch nur vereinzelt. Zu nennen sind die Städte Dudley in England, Danzig und Breslau. Die Stadt Berlin hat einen großen Teil — etwa $^1/_8$, was mehr als 1000 ha ausmacht, — von ihrem Rieselfeldbesitz ebenfalls an Pächter abgegeben. Breslau bezieht von seinen Rieselfeldern Pachterträge, welche so hoch sind, daß zu der Verzinsung und Tilgung der Erwerbs- und Aptierungskosten der Felder, sowie zu den Unterhaltungskosten des Druckrohrs, zum Betriebe des Pumpwerks für die Entwässerung der Felder, zur allgemeinen Beaufsichtigung derselben u. s. w. zur Zeit nur ein Zuschuß von 0,22 Mark pro Kopf der Stadtbevölkerung geleistet zu werden braucht. Ein Zuschuß in gleicher Höhe ist notwendig für den Betrieb des Pumpwerks, durch welches die Schmutzwasser zu den Rieselfeldern gefördert werden. Danach entfällt für Breslau auf den Kopf der Bewohnerschaft zur Zeit eine Jahresausgabe von nur 0,44 Mark für Beseitigung und Reinigung der Schmutzwasser (Gesundh.-Ingenieur 1896). Viel ungünstiger liegt die Sache in Berlin, wo Rieselland teuer erworben werden mußte, hohe Aptierungskosten entstanden, und geeignetes Land auch erst in weiter Entfernung von der Stadt zu haben war, so daß die Kosten für die Leitung dahin erheblich ins Gewicht fielen. In solchen Fällen wird überhaupt der Ertrag der Felder nicht leicht ausreichen, um nach Erstattung der Betriebskosten noch eine angemessene Verzinsung des angewendeten Kapitals

zu erzielen. Der dazu aus dem Stadtsäckel zu leistende Zuschuß stellt alsdann denjenigen Betrag dar, welchen die Stadt für den Reinigungszweck ihrer Schmutzwasser zu opfern hat. Dieser Betrag fällt notwendig höher aus, wenn die Stadt den Betrieb der Rieselfelder in eigener Regie führt, nicht nur weil dazu ein relativ großer Verwaltungsapparat notwendig ist, sondern weil von dem Beamtenpersonal auch eine so sorgsame Wahrnehmung der Geschäfte, als von dem am Ertrage der Arbeit in unmittelbarer Weise interessierten Eigentümer allgemein nicht erwartet werden darf und kann. Aber wenigstens für den Anfangszustand des Betriebes, für eine kleine Anzahl von Jahren wird eine Stadt in der Regel die eigene Regie behalten müssen, um alle Bedürfnisse, die sich in der Stadt hinsichtlich der Fortführung der Schmutzwasser geltend machen, genau kennen zu lernen, um auch über die Leistungen der Felder in gesundheitlicher und wirtschaftlicher Hinsicht, die Absatzfähigkeit der Erzeugnisse des Rieselbetriebes sich zu vergewissern, um auch über die durch die Errichtung des Rieselfeldes zahlreich berührter Interessen dritter Personen (Eigentümer in der Nähe, Aenderungen des Grundwasserstandes und des Zustandes offener Gewässer in der Nähe u. s. w.) vollständig ins klare zu kommen.

Daß die Aufrechterhaltung dieses ersten Zustandes kostspielig sein muß, liegt auf der Hand. Ob eine Aenderung in der Richtung möglich ist, daß später durch Verpachtung des Rieselfeldes an einzelne oder mehrere Unternehmer bessere wirtschaftliche Ergebnisse erzielt werden, ist durchaus von Besonderheiten des Falles abhängig, so daß Allgemeines darüber nicht gesagt werden kann. Immer aber werden die Pächter gewissen Verpflichtungen und Beschränkungen, was die Uebernahme und Benutzung der Schmutzwasser betrifft, zu unterwerfen sein und für solchen Zwang Schadloshaltung in niedrigen Pachtpreisen suchen müssen.

Die Kosten der eigenen Regie sind wesentlich abhängig von der Größe des Rieselbetriebes; im allgemeinen werden dieselben abnehmen, wenn der Betrieb wächst und umgekehrt. Daraus erklärt es sich, daß wenn große Städte beim Rieselbetriebe wirtschaftlich noch einigermaßen günstig fahren, kleine Städte durch denselben so sehr belastet werden können, daß die Durchführung derselben erhebliche Kosten verursacht und andere Reinigungsverfahren der Schmutzwasser hier vorteilhafter sind.

Die thatsächliche Sachlage ist nach dem Vorstehenden im allgemeinen die, daß für kleinste und kleine Städte Rieselbetrieb nach allen Richtungen hin als das günstigste Schmutzwasserreinigungsmittel erscheinen kann, für Mittelstädte die Einrichtung finanziell leicht ungünstig und vergleichsweise unvorteilhaft wird, für große Städte dagegen wieder befriedigende Ergebnisse liefert und hier unter Umständen auch das einzig anwendbare Reinigungsmittel ist, da für die großen Mengen der Schmutzwasser, welche hier zu bewältigen sind, die sogen. künstlichen Reinigungsmittel versagen, oder aus dem einen oder anderen Grunde außer Betracht bleiben müssen.

Abgesehen von den hier ausgesprochenen Einschränkungen gilt die Reinigung von Schmutzwassern durch Rieselung bisher als diejenige, bei welcher gleichzeitig dem Reinigungszweck und den wirtschaftlichen Interessen in höherem Maße als bei jedem andern Reinigungsverfahren entsprochen werden kann. Die 1876er Versammlung des Vereins für öffentliche Gesundheitspflege sprach dies auf Grund der schon damals vorliegenden und später immer mehr bewahrheiteten Erfahrungen in folgender These aus:

> „Die Berieselung geeigneter, mit Kulturpflanzen bestandener Ländereien ist — eine rationelle Anwendung technisch richtiger Prinzipien vorausgesetzt — erfahrungsgemäß das einfachste und durchschlagendste Mittel

das Kanalwasser sanitär unschädlich zu machen, und es gleichzeitig zu Gunsten der Interessenten landwirtschaftlich in befriedigendem Maße auszunutzen.“

Im letzten Teil der These ist vorsichtig zum Ausdruck gebracht, daß nicht volle Ausnutzung wirtschaftlich erwartet werden kann. In der That ist dies gewöhnlich ausgeschlossen und kann auch nicht anders sein, weil der Reinigungszweck und die volle wirtschaftliche Nutzung vielfach miteinander in Widerspruch geraten und alsdann die wirtschaftlichen Interessen in zweite Linie gerückt werden müssen. Uebrigens sind die oft gehörten Uebertreibungen des Wertes der in den Schmutzwassern enthaltenen Dungstoffe bereits an andern Stellen des Buches auf ihr richtiges Maß zurückgeführt worden (S. 21 u. 234 ff.). Ergänzend mag hier noch das eine Moment hinzugefügt werden, daß der Wert jener Dungstoffe zu sehr von Ort und Zeit abhängt. Massenhaftigkeit desselben an enger Stelle und dazu in unhandlicher Form — was hier vorliegt — wird den Preis drücken, und Vorrat zu einer Zeit, wo die Stoffe nicht alsbald verwertbar sind, ebenfalls. Auch dies trifft zu, weil die Schmutzwasser unmittelbar nach der Entstehung fortgeführt und verarbeitet werden müssen, jede Verzögerung darin unstatthaft ist.

Deshalb ist auch der öfter erhobene Vorwurf, daß durch Rieselung keine vollständige Ausnutzung der in den Schmutzwassern enthaltenen Dungstoffe stattfinde, indem ein Teil des organischen Stickstoffs als flüchtiges Ammoniak in die Atmosphäre, ein andrer Teil als Salpetersäure mit dem Grund- oder Drainswasser fortgespült werde, nur wenig Gewicht beizulegen, und um so weniger als die Erzeugung von Salpetersäure durchaus mit den Absichten der Gesundheitspflege — was die Reinigung von Abfallstoffen betrifft — harmoniert.

In dieselbe Kategorie kann man auch wohl den Vorwurf rechnen, daß der Boden der Rieselfelder mit Stickstoff übersättigt werde. Wie es in dieser Hinsicht steht, lehrt folgende Rechnung: Auf eine gewöhnliche Landdüngung werden pro Hektar 150 kg Stickstoff gerechnet. Bei der Intensivkultur, die auf Rieselfeldern getrieben wird — Gras liefert 5—6 Schnitte, gegen 2 auf gewöhnlichen Wiesen, und in ähnlichem, wenn auch nicht so weitgehendem Verhältnis findet Erhöhung der Ernteerträge bei den angebauten Früchten statt —, hat man die Stickstoffmenge, die für die gewöhnliche Ackerdüngung passend ist, zu vermehren, d. h. auf etwa das 2—2,5fache. Dies macht 300—375 kg Stickstoff, wofür 333 kg als Durchschnitt angenommen werden mögen.

Nun werden pro Kopf und Jahr Stickstoffmengen erzeugt von 4,12 kg (S. 161), danach von 300 Personen, welche auf 1 ha Rieselfeld zu rechnen, 1232 kg. Geht man von einem bestimmten Stickstoffgehalt in den Abwassermengen aus, z. B. von dem hohen Satze von 100 g in 1 cbm (S. 165), und rechnet man auf 1 ha 12500—16000 cbm Abwasser, so empfängt 1 ha Rieselfeld damit 1250—1600 kg Stickstoff. Rechnet man (für Berlin etwa gültig) pro Kopf und Jahr 36,5 cbm Schmutzwasser und 340 Köpfe pro Hektar Rieselfeld, so erhält man als Stickstoffmenge $340 \cdot 36{,}5 \cdot 0{,}100 = 1241$ kg. Man wird mithin in der Stickstoffmenge von etwa 1300 kg, welche 1 ha Rieselfeld jährlich empfängt, einen guten Mittelsatz gegriffen haben. Dieser ist das $\frac{1300}{333}$ oder das Vierfache dessen, was die Vegetation auf Rieselfeldern bedarf, wenn aber die Verflüchtigung von Ammoniakstickstoff berücksichtigt wird, sowie ferner, daß gewisse Mengen der menschlichen Absonderungen sich der Sammlung entziehen (S. 234 ff.), entsprechend weniger. Thatsächlich bewegt sich deshalb die Auswertung der Dungstoffe der Schmutzwasser auf großen Rieselfeldern nur um etwa $^1/_3$—$^1/_4$ der unter günstigen Verhältnissen erreichbaren, und etwa $^2/_3$—$^3/_4$ werden verloren gegeben, sei es daß sie

in den Formen von flüchtigem Ammoniak oder von Salpetersäure u. s. w. den Feldern entführt werden.

Zur Verbesserung stehen zwei Wege offen: a) Vergrößerung der Rieselfeldfläche bis auf etwa das Vierfache (allgemein n-fache) oder b) viermaliges (allgemein n-maliges) Aufleiten desselben Wassers auf Felder.

Der Weg zu a) würde zu einer für große Städte wohl kaum beschaffbaren Größe der Rieselfelder führen; es müßten für je 60—90 Köpfe 1 ha Rieselland zur Verfügung stehen, mit Berücksichtigung der Verluste vielleicht für 80—120 Köpfe. Der Weg zu b) verspricht, auch wenn er praktisch gangbar wäre, keinen sicheren Erfolg: es würde bei dem langen Verweilen des Wassers an der Oberfläche durch die Oxydation ein großer Teil der Dungstoffe mineralisiert werden und für die Vegetation verloren gehen.

§ 184. Von größerem Belang als die vom wirtschaftlichen Standpunkt erhobenen Einwände sind diejenigen, welche vom gesundheitlichen zuweilen geltend gemacht werden, darunter besonders der, daß Rieselfelder nicht keimdicht sind. In der That werden im Drainswasser oft nicht unbedeutende Mengen von Keimen gezählt, eine Thatsache, die von vornherein erwartet werden muß, da auch künstliche Filter nicht keimdicht sind. Zu beantworten bleibt indes die Frage, ob es sich um Keime handelt, die mit den Schmutzwassern herzugeführt sind, oder um neu hinzugetretene, zu deren Entstehung auf den Feldern und in den Drains die Bedingungen ja günstige sind? Hierzu folgendes:

Zu verlangen ist nur, daß nicht pathogene Keime den Weg aus den Schmutzwassern durch den Boden in die Drainswasser finden. Wie es um die Erfüllung dieser Anforderung steht, erweist die Thatsache, daß bisher noch kein Fall der Auffindung von pathogenen Keimen in Drainswassern von ordnungsmäßig betriebenen Rieselfeldern bekannt geworden ist. Der Vorschlag von Degener, die Schmutzwasser zunächst einem Desinfektionsverfahren — durch chemische Mittel — zu unterwerfen und erst danach dieselben auf Rieselfelder zu leiten, wird wohl bis dahin, daß solche Fälle in einiger Zahl vorgekommen sind, und dies stattgefunden hat, ohne daß eine schuldbare Vernachlässigung dabei im Spiele gewesen ist, zur Seite gestellt werden können.

Gesundheitliche Schädlichkeiten der Rieselfelder müßten, wenn sie beständen, sich in ausgeprägter Weise bei den Arbeitern auf den Rieselfeldern selbst, bei den dauernden Bewohnern der Felder, und der Bewohnerschaft der nächsten Umgebung geltend machen. Indem einige Rieselfeldanlagen schon seit 100 Jahren und darüber bestehen und Dutzende derselben 20, 30 und mehr Jahre, liegt bereits ein genügend großes Erfahrungsmaterial vor, um auf Grund desselben die Bedeutung der vom theoretischen Standpunkt erhobenen Bedenken prüfen zu können.

Die ersten Untersuchungen dieser Art scheinen in England angestellt zu sein; dieselben beziehen sich auf die Rieselfelder von Edinburg. Von ihnen wird in dem (in den 70er Jahren erschienenen) First Report der englischen Flußverunreinigungskommission bezeugt, daß sie niemals der Sitz von Typhus, Cholera oder Ruhr, weder zur Zeit von Epidemien, noch zu andern Zeiten gewesen seien. Dasselbe, und noch günstiger lautende Nachrichten werden von Adelt*) über die Bunzlauer Rieselfelder gemeldet. Bei Beobachtungen an andern englischen Orten mit Rieselfeldern hat sich nichts über einen Einfluß derselben auf die Typhushäufigkeit ermitteln lassen. Genauere Beobachtungen über den Einfluß der Rieselfelder von Gennevilliers führten

*) Adelt, Die Gesundheitsverhältnisse der Stadt Bunzlau, in der Vierteljahrsschrift für gerichtl. Medizin und öffentl. Sanitätswesen. Neue Folge, XLV.

zu dem Resultat, daß während dreier Jahre der Gesundheitszustand auf den Feldern weder bemerkenswert besser noch schlechter als derjenige in den umliegenden Gegenden gewesen sei, daß Infektionskrankheiten dort nicht häufiger als anderswo auftreten, und überhaupt die Rieselung auf die öffentliche Gesundheit keinen schädigenden Einfluß äußerte*). Dieselben Mitteilungen liegen aus den Vereinigten Staaten von Amerika vor, wo Rieselbetriebe ebenfalls in einiger Menge, und, wie es scheint, nicht immer in gerade musterhafter Weise geführt werden.

In den Orten Heubude und Weichselmünde ist nach den vorliegenden Sterblichkeitsstatistiken die allgemeine Sterblichkeit seit der Zeit, daß die in der unmittelbaren Nähe liegenden Danziger Rieselfelder im Betriebe sind (Anfang der 70er Jahre), die allgemeine Sterblichkeitsziffer gegen früher um ein Geringes zurückgegangen, wohl infolge der besseren Lebenshaltung, welche bei den armen Bewohnern der beiden Orte wegen der lohnenden Beschäftigung auf den Rieselfeldern eingetreten ist. Einige Cholerafälle, die im Jahre 1873 zu Weichselmünde vorkamen, sind aber sicher auf den Genuß von Drainswasser der Rieselfelder zurückgeführt, welches mit Abgängen Kranker verunreinigt war; diese Fälle können daher wohl ausgeschieden werden. Auf den erst von 1892 an in Betrieb gekommenen Rieselfeldern von Freiburg i. B. kamen in den Jahren 1892 und 1893 13 Typhusfälle vor, von denen einige wenige mit Wahrscheinlichkeit auf den Genuß von Grundwasser, das die Rieselfelder lieferten, zurückgeführt wurden. Die Mehrzahl wird aber Ansteckungen in den Wohnorten der Betroffenen zur Last gelegt, wo Typhus vielfach vorkommt, und von wo aus Verschleppung nach den Rieselfeldern hin vermutet wird. Hinsichtlich der Rieselfelder bei den Kadettenanstalten zu Groß-Lichterfelde und Wahlstadt, sowie bei dem Strafgefängnis zu Plötzensee sind bisher keinerlei gesundheitsschädigende Einflüsse bemerkt worden.

Die umfassendsten und genauesten Untersuchungen liegen bisher über die zur Zeit mehr als 9000 ha großen Rieselfelder Berlins vor, wovon etwa 5000 ha in regelmäßigem Betriebe stehen (S. 296). Die Untersuchungen begannen Anfang der 80er Jahre durch Falk und lieferten von vornherein keinerlei Anhaltspunkte für besondere ungünstige Einflüsse, weder was die allgemeine Sterblichkeit noch was die Sterblichkeits- oder Krankheitsziffern für Infektionskrankheiten betrifft.

Einen guten Ueberblick giebt die Tabelle auf S. 303. Das Beobachtungsmaterial, welches dieser Tabelle zu Grunde liegt, ist schon ein recht umfassendes und können daher die Ergebnisse einen höheren Grad von Zuverlässigkeit in Anspruch nehmen. Die Ergebnisse sind aber in jedem Sinne günstige. Denn die Sterblichkeit ist sowohl bei den Erwachsenen als bei den Kindern unter 15 Jahren wesentlich geringer als in Berlin (vergl. auch die betreffenden Zahlen S. 31), mit Ausnahme des einzigen Jahres 1887/88, wo der umgekehrte Fall vorliegt.

Ebenso günstig erscheint der Zustand, wenn auf die Krankheitsgattungen eingegangen wird, welche auf den Berliner Rieselfeldern bisher beobachtet sind. In dem zehnjährigen Zeitraum 1884—1894 sind im ganzen 15 Typhusfälle, darunter nur einer mit tödlichem Ausgang, dort beobachtet. Anfang 1888/89 hatte ein Teil von Berlin eine heftige Typhusepidemie durchzumachen; aber auf den Rieselfeldern kam im genannten Jahre nicht ein einziger Typhusfall vor, eine Thatsache, die gewiß bemerkenswert ist. Die überwiegende Zahl der infektiösen Krankheiten auf den Rieselfeldern entfällt auf Brechdurchfälle, Durchfälle, Cholera

*) Target, On the Main-Drainage of Paris. Exc. Min. of Proceed. of the Inst. of Civ. Eng. Vol. 55. 1877/78.

	1884/85	1885/86	1886/87	1887/88	1888/89	1889/90	1890/91	1891/92	1892/93	1893/94	1894/95	Gesamt-Durchsch.
Gesamtzahl der Rieselfeldbewohner . . .	1507	1410	1835	1907	2012	1921	1935	2257	2446	3818	3025	2188
Gesamtzahl der Sterbefälle	23	20	20	25	13	17	13	26	27	21	29	21
Gesamtzahl der Erkrankungen	412	451	571	584	518	590	427	464	439	573	644	516
Sterbefälle pro 1000 .	15,26	14,18	10,90	13,11	6,46	8,85	6,76	11,08	6,95	7,62	9,58	9,60
Erkrankungen pro 1000	273	320	311	306	258	307	221	206	179	208	213	236
Von der Gesamtzahl der Rieselfeldbewohner waren Kinder unter 15 Jahren	422	411	419	412	449	448	454	562	577	661	669	498
Darunter:												
Sterbefälle	15	12	14	20	10	7	7	18	10	17	17	13
Erkrankungen . . .	170	174	278	216	211	193	164	185	193	304	316	218
Sterbefälle pro 1000	35,55	29,19	33,41	48,54	22,27	15,63	15,42	32,03	17,33	25,72	25,41	26,10
Krankheitsf. pro 1000	403	423	663	524	470	431	361	329	334	460	473	438
Sterbefälle der Altersklasse von 15 Jahren in Berlin pro 1000	52,09	50,74	47,41	40,33	42,21	44,70	41,92	39,68	41,09	—	—	44,22
Allgemeine Sterbefälle in Berlin pro 1000 .	25,4	25,0	23,7	21,1	20,5	22,3	21,3	20,4	20,5	—	—	22,2

nostras, akute Magen- und Darmerkrankungen; die Gesamtzahl der unter diese Krankheitsformen gehörenden Fälle ist 863; demnächst folgen Diphtherie und Scharlach, Diphtherie und Croup mit insgesamt 227 Fällen, und Masern mit 129 Fällen; die sonstigen Formen von infektiösen Krankheiten sind nur wenig vertreten.

Es mag endlich erwähnt werden, daß auf vier von den Berliner Rieselgütern seit einer kleinen Reihe von Jahren Heimstätten für Genesende mit zusammen etwa 300 Betten bestehen, die immerwährend belegt sind. Da auch in diesen Anstalten bisher keinerlei üble Einflüsse der Rieselfelder beobachtet worden sind, kann man betreffende Befürchtungen, soweit denselben auch für ordnungsmäßig betriebene Rieselfelder Geltung beigelegt werden soll, als gegenstandslos bezeichnen, und dies, auch wenn man einen Einwurf voll würdigt, welcher dahin geht, daß die statistischen Ergebnisse über den Gesundheitszustand der Arbeiter auf Rieselfeldern nicht mit den betreffenden Städtestatistiken verglichen werden können, weil auf den Rieselfeldern junge, gesunde Arbeiter beschäftigt werden, und da, wo man Korrigenden u. s. w. beschäftigt, diese nicht dauernd auf den Feldern bleiben. Denn auf den Berliner Rieselfeldern ist ein großer Teil der Arbeiter seßhaft und sind alle Altersklassen darunter vertreten.

Die englische Horticultural-Society hat in den achtziger Jahren Untersuchungen über den Gesundheitszustand des Viehes auf gut betriebenen Rieselfeldern angestellt und auch bei dem Viehstande der untersuchten Güter nachteilige Einflüsse nicht auffinden können.

Die vorstehenden Mitteilungen liefern ein Bild von dem Gesamteinfluß der behaupteten Schädlichkeit der Rieselfelder; darunter ist sowohl der unmittelbare Einfluß durch Infektionen, als der mittelbare, der sich in mehreren Richtungen

zeigen kann, einbegriffen. Als der auffälligste darunter gilt die Verbreitung übler Gerüche auf und in der Umgebung von Rieselfeldern. Dieser Uebelstand ist in gewissem Maße vorhanden, aber nicht in dem Umfange, wie oft behauptet wird. Er nimmt seinen Ursprung nicht von Flächen, über die das Rieselwasser sich in dünner Lage fortbewegt, sondern von kleinen Becken, Tümpeln und Gräben, in denen das Wasser stagniert, besonders wenn die Behälter nahezu trocken geworden sind. Demzufolge lassen sich die Geruchbelästigungen durch Sorgfalt im Betriebe, Erhaltung ebener Beschaffenheit der Oberfläche, öftere Reinigung der Zuflußgräben, Vermeidung des langen Stehenbleibens von Wasser in Becken, häufiges Aufbringen des Rieselwassers in dünner Schicht auf einen leicht erträglichen Umfang beschränken. Und von fernhin wirkenden Belästigungen kann kaum die Rede sein, selbst nicht bei lebhaften Windströmungen, da schon auf kurzer Strecke ausreichende Verdünnung der Gerüche stattfindet.

Schädlichkeiten der Rieselfelder können außer durch die Luft noch auf zwei Wegen in die Ferne verbreitet werden: a) mit dem Grundwasser, b) mit den auf den Feldern geernteten Früchten. Die etwaige Grundwasserverunreinigung hat besonders für die eigenen Bewohner der Rieselfelder und die dort beschäftigten Arbeiter Bedeutung.

Der Zustand des Wassers von Brunnen auf Rieselfeldern ist dauernder und sorgfältiger Kontrolle zu unterwerfen. Flachbrunnen dürfen auf Rieselfeldern nicht geduldet werden; es sind nur Röhrenbrunnen von einiger Tiefe zuzulassen. Auf den Berliner Rieselfeldern wird der Frage der Trinkwasserversorgung der ständigen und vorübergehenden Bewohnerschaft der Rieselfelder laufend große Aufmerksamkeit zugewendet, und alljährlich über die Ergebnisse der betreffenden Arbeiten Bericht erstattet. Bisher sind Fälle der Verunreinigung von Brunnen guter Beschaffenheit durch Rieselwasser nicht ermittelt worden. Daß solche aber stattfinden können, sei es infolge von tief reichenden Arbeiten, sei es infolge der Thätigkeit von kleinen und großen Tieren, ist selbstverständlich; es ist also eine strenge und dauernde Kontrolle der Brunnen auf Rieselwasser ein nicht zu vernachlässigendes Erfordernis. — Zu b) kann nicht übersehen werden, daß Verschleppung von Umsetzungsgiften und infektiösen Keimen an der Oberfläche der auf den Feldern geernteten Früchte möglich ist. Es scheint daher ein dringendes Gebot der Vorsicht zu sein, ungetrocknete Früchte von Rieselfeldern nicht ungekocht zu genießen. Da aber Fälle von Verschleppungen auf diesem Wege bisher nicht bekannt geworden sind, dürfte die Gefahr wohl weniger groß sein, als zuweilen angenommen wird. Daß entsprechende Vorsichtsmaßregeln auch bei Verwendung des auf Rieselfeldern erzeugten Viehfutters notwendig sind, bedarf der besonderen Hervorhebung kaum.

Mehrfach ist die Befürchtung ausgesprochen worden, daß durch die fortdauernde Zuführung der großen Rieselwassermengen zu den Feldern auf die Dauer eine Versumpfung derselben stattfinden müsse. In den bisherigen Erfahrungen ist für diese Befürchtung kein Anhalt zu finden, soweit es sich um Rieselfelder handelt, die mit Sorgfalt angelegt sind und mit Sorgfalt betrieben werden. Erste Forderung dabei ist Vorhandensein oder Schaffung günstiger Vorflut für das durch den Boden passierende Wasser. In der Regel wird Drainierung der Felder notwendig sein; die Berliner Rieselfelder sind bis auf wenige Prozent der Gesamtfläche drainiert. Alsdann muß dauernd für gute Instandhaltung aller Abflußgräben gesorgt und schließlich eine einigermaßen gleichmäßige Verteilung des Rieselwassers auf der Fläche angestrebt, Ueberlastung einzelner Teile vermieden werden. Zur Kontrolle über die Leistung der Vorflut müssen auf den Feldern dauernde Beobachtungen über den Grundwasserstand ausgeführt werden.

§ 185. Die Schmutzwasserreinigung mittelst Rieselung ist unter den bisher bekannten Reinigungsverfahren dasjenige, welches an erster Stelle steht, sofern man beide: die gesundheitlichen und die landwirtschaftlichen Interessen in Betracht zieht. Leistet sie nicht alles, so leistet sie doch, beides zusammengenommen, mehr als die andern Verfahren. In gewissen Fällen — Großstädten — ist sie, wenn nicht Einleitung der ungereinigten Wasser in ein offenes Gewässer möglich, die einzig mögliche Art der Reinigung; für kleinere Städte und für einzelne Etablissements, in denen auf engem Raum eine größere Menschenmenge eng zusammengedrängt lebt, kann die Berieselung die zweckmäßigste Art der Reinigung sein. Bei Städten mittlerer Größe können Verhältnisse vorliegen, welche andre Reinigungsverfahren, bezw. andre Behandlungsweisen als vorteilhafter erscheinen lassen; hierzu ist S. 299 das Erforderliche mitgeteilt. Nachdem eine kleine Reihe von Jahren hindurch sowohl in England als auf dem Kontinent die Aufmerksamkeit der Städte sich mehr der Wahl eines mechanischen oder chemischen, oder chemisch-mechanischen Reinigungsverfahrens zugewendet hatte, tritt neuerdings die Rieselung mehr in den Vordergrund. Teils sind es gewisse Unzuträglichkeiten, auf die man bei jenen Verfahren gestoßen ist, teils sind es die in einer Reihe von Städten in längerer Erfahrung gewonnenen relativ günstigen Ergebnisse der Rieselung, welche die Wendung bewirkt haben; die nächste Zukunft dürfte im allgemeinen der Rieselung gehören.

In England giebt man heute der Schmutzwasserreinigung durch Rieseln den Vorzug vor andern Reinigungsverfahren, wenn etwa folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

1. Vorhandensein ausreichend großer Landflächen.
2. Mäßige Erwerbskosten des Landes. (Der Erwerb und die Herrichtungskosten der Berliner Rieselfelder hat etwa das $2^1/_2$—3fache des landwirtschaftlichen Wertes des Geländes erfordert!)
3. Geeignete Bodenbeschaffenheit des Landes.
3. Mäßiger Kostenaufwand für die Hinschaffung der Schmutzwasser zu den Feldern.

Diese Bedingungen kann man überall als etwa maßgebende ansehen; außer ihnen bestehen in jedem Einzelfalle solche von örtlicher Natur, auf welche hier nicht einzugehen ist.

Wenn es unthunlich ist, die landwirtschaftlichen — auf Gewinn gerichteten — Interessen mit den Anforderungen, welche die Gesundheitspflege stellt, in befriedigenden Einklang zu bringen, so verzichten die englischen Städte auf die wirtschaftliche Nutzung der Abwasser leicht und überweisen dieselben, wenn es sonst zulässig ist, einem offenen Gewässer. Die Schwierigkeiten, welche dabei entstehen, scheinen in England allerdings minder groß zu sein als in Deutschland; denn die Flüsse Englands werden im allgemeinen weniger „geschont" als es bei uns in der Gegenwart der Fall ist.

§ 186. Ueber den Reinigungseffekt der Schmutzwasser, welcher auf Rieselfeldern erzielt wird, hat man sich durch laufende Untersuchungen der Beschaffenheit des Drainswassers zu unterrichten. Diese Untersuchungen sind sowohl in chemischem als biologischem Sinne auszuführen. In chemischer Hinsicht scheint es nicht unwichtig zu sein, endgültig festzustellen, ob der Boden im stande ist, die sogen. „Umsetzungsgifte" (giftige Produkte der Zersetzung) festzuhalten. Die bisherigen Versuche hierzu sprechen in bejahendem Sinne; nichtsdestoweniger wird die Thatsache zuweilen noch angezweifelt. Die biologische Untersuchung wird aus den gewonnenen Keimzahlen die nötigen Anhaltspunkte zu einem sicheren Urteile

über die Desinfektionsleistung der Felder gewinnen. Keimfreiheit wird sich aber durch Rieselung kaum je erreichen lassen, bleibt daher ein ideales Ziel, dem man sich nur möglichst annähern kann.

Die Drainswasser von Rieselfeldern müssen insbesondere arm an Stickstoff, Kohlenstoff und Phosphorsäure und möglichst frei von Keimen sein, auch kein Ammoniak und keine salpetrige Säure enthalten. Ist dieser Zustand erreicht, so kann Fäulnis nicht mehr eintreten und ist Einlassen in offene Gewässer — selbst kleine — unbedenklich. Gewöhnlich wird in den Drainswassern viel Chlor (Kochsalz), Kali und Salpetersäure angetroffen; daneben pflegen sie reicher an Kohlensäure und Schwefelsäure, aber ärmer an Sauerstoff zu sein als die Schmutzwasser. Je nach der Sorgfalt, welche auf die Rieselung verwendet wird (Größe und Beschaffenheit der Felder, Aufbringungsweise der Wasser u. s. w.), werden aus dem Schmutzwasser entfernt: sämtliche Schwebestoffe, 66—100% des organischen Stickstoffs, bis 100% des organischen Kohlenstoffs und der Phosphorsäure, 75% und darüber Kali, 25—33% Chlor und 75—100% der Keime.

Nachstehend folgt die Mitteilung einer Anzahl von Analysenergebnissen, die an Berliner Schmutzwassern in gereinigtem und ungereinigtem Zustande in den letzten Jahren ermittelt sind, und zwar immer bei derselben Untersuchungsmethode. Es ersieht sich aus den Zahlen, einerseits in wie weiten Grenzen die Beschaffenheit der Schmutzwasser derselben Stadt mit Ort und Zeit wechselt, und anderseits wie sehr verschieden auf demselben Rieselfelde die Reinigung ausfällt, je nachdem Benutzung der Schmutzwasser zum Anbau von Gras oder Hackfrüchten stattfindet, bezw. die Wasser in den sogen. Einstaubassins (S. 293) bloß einen Filterprozeß durchmachen.

Aus 44 Analysen, welche in der Zeit von 1888—1895 mit Schmutzwassern von 7 unter den Berliner Rieselfeldern ausgeführt wurden, ergab sich folgender Gehalt an Schwebestoffen: Milligramm in 1 l = Gramm in 1 cbm:

	Trockenrückstand	Glühverlust	Glührückstand
Mittel	1154	758,8	395,2
Prozent	100	65,7	34,3
Grenzen	86 u. 8050	54—4110	43 u. 3940

In runden Zahlen bestanden danach die Schwebestoffe der Berliner Abwasser zu $^2/_3$ aus organischen und zu $^1/_3$ aus mineralischen Stoffen und enthielt 1 cbm derselben nahezu 1,2 l (trockene) Schwebestoffe $= \frac{1}{833}$ an Volumen. Zum Verständnis der sehr weit auseinander liegenden Grenzen ist anzuführen, daß die Wasserproben unmittelbar an Schieberauslässen entnommen wurden, daher angenommen werden kann, daß in einigen Fällen unmittelbar hinter den Schiebern Ansammlungen größerer Schwebestoffmengen stattgefunden haben.

Unter den gelösten Stoffen der Schmutzwasser sind die mineralischen vorherrschend, da sie reichlich 70%, die organischen daher nur knapp 30% ausmachen. Im gereinigten Wasser betragen die mineralischen Stoffe fast 90%, die organischen nur etwas über 10%. Der Reinigungseffekt der Berliner Rieselfelder besteht hiernach etwa in folgenden Veränderungen der gelösten Stoffe des Schmutzwassers:

1. Die Mengen des Verdampfungsrückstandes, sowie des Kalis und Natrons bleiben unverändert; Chlor und Schwefelsäure zeigen nur geringe Abnahmen.
2. Der Glühverlust ist bis etwa 50%, die Menge des zur Oxydation erforderlichen Sauerstoffs auf etwa 10% vermindert, das Ammoniak bis auf etwa 2,5%. Entsprechend zeigen sich gewisse, nicht unbeträchtliche Mengen von salpetriger Säure und große Mengen von Salpetersäure. Das Verbleiben

eines Restes von Ammoniak, sowie das Erscheinen von salpetriger Säure beweist aber, daß der Oxydationsvorgang nicht ganz zu Ende gekommen ist.

3. Die Phosphorsäure ist bis auf etwa 7 % vermindert.
4. Die Zahl der Keime, welche das Drainswasser enthält, erscheint bei dem — hier nicht angegebenen, aber S. 278 vermerkten — sehr hohen Keimgehalt des Schmutzwassers befriedigend weit herabgesetzt.

Das vorstehende, im allgemeinen befriedigende Ergebnis erleidet mit Bezug auf die Leistung der drei Arten der Reinigung Aenderungen.

Die Reinigung auf den Wiesen geschieht am vollkommensten: das Ammoniak wird auf weniger als 1 % des ursprünglichen Gehalts zurückgeführt; und die fast vollkommene Oxydation der organischen Stoffe zeigt sich in dem Vorkommen salpetriger Säure nur in Spuren, dagegen in dem Höchstbetrage an Salpetersäure. Unter diesen Umständen ist es von keiner besonderen Bedeutung, daß die Keimzahl nicht bis auf den niedrigsten Satz heruntergebracht wird, sondern auf einem mittleren Satze stehen bleibt. Bei den Wiesen werden die Schmutzwasser über die Oberfläche des Landes geführt.

Weniger vollkommen erfolgt die Reinigung auf den mit Hackfrüchten zu besetzenden Beeten, bei denen das Wasser den Früchten nicht von oben, sondern von der Seite aus zugeführt wird. Es verbleiben etwa 4 % Ammoniak im Drainswasser; dazu findet sich salpetrige Säure in einiger Menge und ein etwas minderer Gehalt an Salpetersäure als in dem Drainswasser der Wiesen, als Beweise von einem minder weiten Vorschreiten des Oxydationsvorganges.

Die unvollkommenste Reinigung ergeben die Einstaubassins, in denen die Reinigung der Schmutzwasser lediglich Wirkung der Filtration ist. Das Ammoniak ist zwar auf etwa 2,1 % zurückgeführt, dagegen ein sehr hoher Gehalt an salpetriger Säure vorhanden und der geringste an Salpetersäure. Glühverlust, Sauerstoffbedarf und Keimzahl sind hier am höchsten. Man kann daher sagen, daß die Einstaubassins üble Zugaben der Berliner Rieselfelder sind, deren Benutzung auf das Unvermeidliche eingeschränkt werden muß, um den gesundheitlichen Ansprüchen an die Reinigung in den möglichen Grenzen zu genügen.

Es scheint aber nicht überflüssig, hier hinzuzufügen, daß das in den Analysenergebnissen vorgeführte Bild kein scharfes ist, teils deshalb nicht, weil in manchen Fällen die Bestimmung einzelner Bestandteile des Wassers unterblieben ist. Aber mehr als aus diesem Grunde wird das Bild dadurch unklar, daß es sich bei dem ungereinigten und dem gereinigten Wasser nicht um identische Proben handelt, wie schon ein Blick auf die in der Tabelle vermerkten Tage der Entnahme der Wasserproben zeigt. Endlich ist zu beachten, daß in den Analysen der Drainswasser auch derjenige Teil der Reinigung der Schmutzwasser mit zum Ausdruck kommt, den die Schwebestoffe erlitten haben, da auch von diesen ein gewisser Teil mineralisiert wird, und in das Drainswasser gelangt. Die Umbildung der gelösten Stoffe ist um den Teil größer, den die Umbildung der Schwebestoffe zu dem Reinigungseffekt beigetragen hat. Die mitgeteilten Analysenergebnisse liefern daher weiter nichts als ein allgemeines Bild von der Beschaffenheit der den Berliner Rieselfeldern zu gewissen Zeiten im Jahre 1893/94 zugeführten Schmutzwassern und den von den Feldern abgeflossenen Drainswassern, — jedoch kein genaues Bild des Reinigungsvorganges, den bestimmte Wasserproben auf den Feldern durchmachen. —

Einzelne der Berliner Rieselfelder, wie z. B. die zum Rieselbezirk Osdorf gehörenden, haben nunmehr eine Betriebsdauer von reichlich 20 Jahren hinter sich; die Danziger Rieselfelder stehen noch um einige Jahre länger in ständigem Gebrauch. Durch den einfachen Hinweis auf diese Fälle und andre, die in England vorliegen,

wo es sich um noch längere Betriebszeiten handelt, erledigt sich wohl in ausreichender Weise der hie und da aufgeworfene Zweifel: ob Rieselfelder Benutzungsfähigkeit dauernd bewahren, oder ob früher oder später ein Zeitpunkt eintritt, wo die Fähigkeit derselben zur Schmutzwasserreinigung aufhört?

Gehalt Berliner Schmutzwasser an gelösten Stoffen vor und nach der Rieselung (bezw. Filtration in den Einstaubassins).

Milligramm in 1 l = Gramm in 1 cbm.

Rieselbezirk und Ort der Entnahme	Tag der Probeentnahme in 1893/94	Trockenrückstand	Glühverlust	Verbrauch an $KMnO_4$	Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpetersäure	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Chlor	Kali	Natron	Keime in 1 ccm
Osdorf.													
Ungereinigtes Wasser	2/5	1062,4	252,8	290,0	110,5	0	0	29,9	104,0	235,5	56,9	211,9	—
Ungereinigtes Wasser	2/10	1121,6	334,4	379,2	144,5	0	0	36,9	12,9	259,7	76,2	229,1	—
Gereinigtes Wasser:													
1. von Beeten . . .	4/5	1346,4	153,6	35,7	1,2	3,4	210,0	1,5	141,6	266,4	22,4	235,6	1 850
2. von Wiesen . . .	4/10	1284,0	152,8	55,6	0,6	0	159,3	2,6	—	377,5	—	—	27 000
3. von Einstaubassins	11/9	1028,0	134,4	67,5	3,8	18,3	17,5	3,3	109,9	250,0	42,9	223,1	122 360
Großbeeren.													
Ungereinigtes Wasser	1/6	1119,2	346,4	363,4	120,1	0	0	24,6	53,8	286,4	48,7	267,5	—
Ungereinigtes Wasser	6/11	945,6	180,0	308,1	89,3	0	0	19,7	30,2	234,2	58,8	230,1	—
1. von Beeten . . .	8/11	805,6	143,2	54,4	1,6	0	26,3	1,8	—	203,9	—	—	57 000
2. von Wiesen . . .	3/6	780,8	99,2	40,1	2,3	Spur	117,9	1,6	—	194,8	—	—	71 280
3. von Einstaubassins	11/9	1667,2	314,4	59,1	7,3	19,2	217,9	1,9	—	258,5	—	—	24 320
Malchow.													
Ungereinigtes Wasser	13/6	995,6	296,8	350,8	97,8	0	0	17,9	47,2	199,5	63,9	218,5	—
Ungereinigtes Wasser	15/11	1129,6	267,2	420,3	123,3	0	0	18,4	123,5	213,0	62,4	194,3	—
1. von Beeten . . .	15/6	1063,2	76,8	42,7	13,6	0	54,0	1,0	—	254,2	—	—	4 560
2. von Wiesen . . .	17/11	884,4	102,4	32,5	0,7	0	144,6	2,6	—	191,2	—	—	19 800
3. von Einstaubassins	11/11	1241,6	110,0	17,1	0,1	3,6	223,8	1,7	—	54,6	—	—	390
Falkenberg.													
Ungereinigtes Wasser	16/5	1176,8	431,2	432,9	187,0	—	0	36,3	26,1	239,1	77,8	235,4	—
Ungereinigtes Wasser	13/7	1161,6	316,8	357,1	93,5	0	0	14,8	52,2	280,4	61,0	229,5	—
1. von Beeten . . .	18/5	1196,8	185,6	20,2	0,9	—	163,0	2,3	—	217,3	—	—	3 360
2. von Wiesen . . .	15/7	1381,6	211,2	27,2	1,3	Spur	244,6	2,4	—	254,3	—	—	22 400
3. von Einstaubassins	16/12	1046,4	107,6	27,2	1,3	0	178,0	2,2	—	242,9	—	—	14 940
Blankenfelde.													
Ungereinigtes Wasser	25/9	1057,6	357,6	290,7	102,0	0	0	21,0	24,7	239,1	55,7	203,6	—
Ungereinigtes Wasser	23/10	904,8	275,2	401,3	153,0	0	0	26,6	46,4	208,1	71,3	194,2	—
1. von Beeten . . .	28/6	1162,4	122,0	21,5	7,1	7,0	269,6	1,6	47,0	202,3	14,6	182,8	—
2. von Wiesen . . .	25/10	885,6	164,0	19,9	0,4	0	150,4	1,2	—	156,6	—	—	408
3. von Einstaubassins	17/2	1002,4	147,2	34,8	3,4	8,2	77,3	Spur	—	169,3	—	—	122 760

Rieselbezirk und Ort der Entnahme	Tag der Probeentnahme in 1893/94	Trockenrückstand	Glühverlust	Verbrauch an $KMnO_4$	Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpetersäure	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Chlor	Kali	Natron	Keime in 1 ccm
Mittel des ungereinigten Wassers . .	—	1067,5	305,8	359,4	122,1	0	0	24,6	52,1	239,5	63,0	224,4	—
Mittel des gereinigten Wassers:													
Von Beeten	—	1114,5	136,2	34,9	4,9	2,6	144,6	1,6	94,3	228,8	18,5	209,2	16 690
Von Wiesen	—	1043,3	145,9	35,1	1,1	Spur	163,4	2,1	—	234,9	—	—	28 177
Von Einstaubassins .	—	1197,1	162,7	41,1	3,2	9,9	142,9	1,8	109,9	195,1	42,9	223,1	56 954

§ 187. Die Reinigung städtischer Schmutzwasser durch Entfernung der Schwebestoffe aus denselben mittelst Klärung beginnt schon vor dem Anfang der zweiten Hälfte des gegenwärtigen Jahrhunderts in England. Die ersten Anlagen waren von roher Art und kaum geeignet, selbst nur den größten Teil der Schwebestoffe abzusondern. Man hielt aber die Schwebestoffe für wertvolle Dungmittel, aus deren Verkauf vermeintlich bedeutende Gewinne gezogen werden könnten. Zahlreiche Gesellschaften bildeten sich für diesen neuen Erwerbszweig, die rasch arge Enttäuschungen erlebten. Diese besonders bei den Klärverfahren von vornherein gemachte Erfahrung hat sich trotz weitgehender Vervollkommnungen des Klärverfahrens fast immer wiederholt, so daß heutzutage bei Klärbetrieben die Schlammbeseitigung fast immer als schwierigster Teil der ganzen Aufgabe gilt.

In Deutschland beginnt die Benutzung von Kläranlagen für städtische Schmutzwasser etwa mit dem Jahre 1880. Die ersten Werke dieser Art treffen wir in Frankfurt a. M., Wiesbaden, Essen a. d. R., Halle. Die 15. Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege ließ sich (1889) über die in den Betrieben dieser Anstalten bis dahin gewonnenen Erfahrungen Berichte erstatten, welche im allgemeinen günstig lauteten. Dennoch einigte sie sich am Schluß der Verhandlung in folgender, vorsichtig gefaßten Resolution:

„Die Versammlung nimmt mit großem Interesse von den bei den verschiedenen künstlichen Reinigungsverfahren der Abwässer gemachten Fortschritten Kenntnis. Sie ist aber auch jetzt noch der Ansicht, daß keines dieser Verfahren sich bisher schon vollkommen bewährt hat, namentlich auch die schwer wiegende Frage der Verwendung der Rückstände noch nicht gelöst ist. Die Versammlung muß daher um so mehr an ihrem in Breslau 1886 gefaßten Beschluß (S. 279) festhalten, als auch der Kostenpunkt bei der künstlichen Reinigung ein hoher ist."

Im wesentlichen gilt diese Resolution auch noch für den bis heute erreichten Zustand; doch hat die Bedeutung, welche in der Resolution dem Kostenpunkte beigelegt wird, abgenommen, nachdem die inzwischen gemachten Erfahrungen den Beweis geliefert haben, daß keines der bekannten Abwasser-Reinigungsverfahren ohne Aufwendung eines gewissen, nicht kleinen Kostenbetrages durchführbar ist, den man früher als mehr oder weniger „zu hoch" glaubte ansehen zu können.

§ 188. Verglichen mit der Schmutzwasserreinigung auf Rieselfeldern kommt bei der Klärung der Faktor der Aufnahme gelöster Stoffe durch den Pflanzenwuchs in Fortfall, desgleichen das Bindevermögen des Bodens für eine Reihe von verunreinigenden Stoffen, darunter auch der Riechstoffe. Für diese Ausfälle müßte

daher gegebenenfalls durch Mitanwendung chemischer Mittel ein Ersatz geschafft werden.

Während nach dem Vorstehenden die Klärung in wirtschaftlicher Hinsicht weniger leistet, als die Rieselung, steht ihre Leistung in gesundheitlicher Hinsicht umgekehrt, vielleicht höher als die der Rieselung. Sicherheit für die Vernichtung schädlicher Mikroben durch Rieselung oder Filtration ist nicht gegeben; dagegen wird es ohne besondere Schwierigkeiten möglich sein, bei der Klärung Sicherheit hierfür zu schaffen — auch Neubildungen solcher Mikroben zu verhüten —, weil das Reinigungsverfahren auf engen Raum zusammengedrängt ist und man dasselbe in allen Teilen beherrscht, während man bei der Berieselung von mancherlei Naturvorgängen abhängt, auf die ein Einfluß nicht geübt werden kann.

Erreicht wird bei der Klärung im allgemeinen die Beseitigung der Schwebestoffe des Wassers, diese auch einigermaßen vollständig. Dagegen gelingt es nicht, von den gelösten Stoffen einen erheblichen Teil auszuscheiden. Ziemlich vollständig erfolgt die Ausscheidung der Phosphorsäure, zu geringem Grade auch die Unterdrückung der Riechstoffe. Dagegen werden im geklärten Wasser Kali, Ammoniak und die organische Substanz zurückgehalten. Die geklärten Wasser bleiben deshalb fäulnisfähig, und es sind besondere Zusätze oder Behandlungsweisen notwendig, um dieser Möglichkeit zu begegnen, wenn die Wasser nicht etwa rasch einem größeren Gewässer übergeben werden können, in dem eine die Fäulnis verhindernde weitgehende Verdünnung stattfindet. Die Zahl der Keime wird sich beim Klären bis auf eine relativ geringe vermindern; die — weniger widerstandsfähigen — pathogenen Keime sind mit ausreichender Sicherheit durch chemisch-mechanisches Klärverfahren vernichtbar (vergl. S. 274).

§ 189. Die Schlammmengen, welche bei der Klärung erfolgen, sind im getrockneten Zustande gleich den Mengen der Schwebestoffe, welche das Wasser enthält, die nach S. 169 $\frac{1}{3000}$ bis zu $\frac{1}{750}$ betragen; auf 1 cbm berechnet, würden dies 0,33—1,33 l Schlamm sein und, auf 1 Kopf und Jahr berechnet, bei 36,5 cbm Wasserverbrauch, 12—48 l, oder pro Tag 0,033—0,13 l (bezw. etwa ebensoviel in Kilogramm). In der nassen Beschaffenheit, in welcher der Schlamm gewonnen wird, enthält derselbe 85—95 % Wasser und nimmt einen entsprechend größeren Raum ein. Crimp (Dibdin and Crimp, On Disposal of Sewage Sludge, Exc. Min. of Proceed. of the Inst. of Civ. Engin. 1886/87) giebt für 6 englische Städte die auf 1 Kopf täglich entfallende Menge von mit 90 % Wasser beladenem Schlamm zu 0,98 l durchschnittlich, mit den Grenzwerten 0,8 und 1,4 l an. Bei 125 l täglichem Wasserverbrauch, wie er in englischen Städten vielfach stattfindet, würden dies für 1 cbm Abwasser durchschnittlich 7,9 l Schlamm mit den Grenzwerten 6,4 und 11,2 l sein. Auch in deutschen Städten haben sich ähnlich große Mengen, von 2—10 l nasser Schlamm, für 1 cbm Schmutzwasser ergeben. Doch ist zu bemerken, daß diese großen Mengen nicht allein Schwebestoffmengen sind, die das Wasser ursprünglich enthielt, sondern dass denselben Mengen der bei der Klärung benutzten Fällmittel und ein gewisser Teil der durch die Fällmittel in unlösliche Form übergeführten verunreinigenden Stoffe hinzugetreten sind.

Durch „Absitzenlassen“ des nassen Schlamms in Becken wird seine Menge auf etwa $^1/_3$ vermindert. Durch Trocknen an der Luft verschwindet die Feuchtigkeit bis auf etwa 70 %. Der Schlamm geht dabei aus dem flüssigen Zustande in den „stichfesten“ Zustand über; die Erreichung dieses Trockenheitszustandes erfordert indessen längere Zeit: im Sommer einige Wochen, im Winter ebensoviele Monate. Man kann die Trocknung an der Luft dadurch stark abkürzen, daß man den Schlamm

auf stark durchlässiger, gut entwässerter Unterlage ausschüttet, noch mehr indem man dem nassen Schlamm (trockenen) Aetzkalk beimischt und alsdann auf einer durchlässigen Unterlage, bestehend aus Asche oder grob zerkleinertem Ziegelstein, breitet; bei dieser Behandlung wird die Trocknung bis zur Stichfestigkeit schon in wenigen Tagen erreicht.

Um eine weitere Verminderung des Wassergehalts an der Luft, bis auf 50%, zu erzielen, ist sehr lange Zeit erforderlich: in feuchter Jahreszeit oder in feuchten Klimaten bis zu 12 Monaten. Empfehlenswert ist es immer, die Schlammablagerungen durch Ueberdachung und hohe Lage vor Zutritt weiterer Feuchtigkeit zu schützen, indem dadurch die bis zur Erreichung der Stichfestigkeit u. s. w. verfließende Zeit einigermaßen abgekürzt wird.

Will man dem Schlamm — ohne Zeitaufwand — einen großen Teil seines Wassergehaltes entziehen, was für den Zweck der Fortschaffung der Massen aus der Nähe der Erzeugungsstelle notwendig sein kann, so müssen künstliche Mittel angewendet werden. Durch Pressen läßt sich der Wassergehalt von (90—95 %) auf etwa 55—50 % herabsetzen, und wird dabei das ursprüngliche Volumen auf 25—20 % ermäßigt. Ein neueres — von Rothe angegebenes Verfahren — benutzt Luftverdünnung; desgleichen ist Luftverdünnung mit Wärme verbunden zur Anwendung gebracht worden. Diese Verfahren scheinen indes noch nicht ausgereift genug, um über ihre Anwendbarkeit im größeren Maßstabe ein sicheres Urteil gewinnen zu können; bei Benutzung von Wärme sind aber die Kosten hoch. Pressen sind in langjähriger Erfahrung erprobt und bestehen auch über den Kostenpunkt, um den es sich dabei handelt, keine Zweifel mehr. Crimp (a. a. O.) giebt für 6 englische Städte die Menge der auf Pressen erzeugten Schlammkuchen (Schlammziegel) wie folgt an:

für 1 cbm Schmutzwasser zu durschschnittlich	1,84 kg,	mit den Grenzen	0,81— 2,46 kg
für 1 Kopf und Jahr „ „	109 „	„ „ „	84—181 „

Werden hiervon 50 % als Wasser gerechnet, so bleiben als feste Mengen:

für 1 cbm Schmutzwasser zu durchschnittlich	0,92 kg,	mit den Grenzen	0,40— 1,23 kg
für 1 Kopf und Jahr „ „	54,5 „	„ „ „	42 —90 „

Das zwischen der Schlammmenge pro Kubikmeter Wasser und pro Kopf und Jahr bestehende Verhältnis führt auf einen Wasserverbrauch pro Kopf und Tag von 137 l, der für englische Städte als ein wenig über „normal“ gelten kann. Die Mittelzahlen: 0,92 und 54,5 kg, stehen mit den zu Anfang dieses Paragraphen berechneten in befriedigendem Einklang, da das Mehr, welches vorliegt, sich aus den Zusätzen an Fällmitteln, die bei der Klärung angewendet wurden, erklärt.

Setzt man voraus, daß aller Schlamm durch Pressen auf 50 % Wassergehalt herabgebracht wird, so entstehen in einer Stadt von 50 000 Einwohnern jährlich im Durchschnitt 50 000 . 54,5 = 2 725 000 kg oder etwa 2725 cbm Schlammkuchen; eine Menge, die unter ungünstigen Verhältnissen auf über 3000 cbm steigen, unter günstigen sich auf etwas über 2000 cbm ermäßigen kann. Die nassen Schlammmengen, wie sie aus den Kläranlagen kommen, können das 4—5fache der hier berechneten Mengen erreichen.

Hierdurch ist der Beweis zahlenmäßig erbracht, daß der Verbleib der beim Klären sich ergebenden Schlammmengen eine nach mehreren Richtungen hin schlimme Seite der Abwasserklärung bildet. Zunächst in dem Sinne, daß der Schlamm von einer Zusammensetzung ist, die denselben, vom gesundheitlichen Standpunkt beurteilt, hoch bedenklich macht. Im allgemeinen besteht der Trockenrückstand des Schlammes

zu 70—85 % aus anorganischen und zu 30—15 % aus organischen Stoffen; in letzterem ist der Stickstoff in der Menge von 6,8—2,4 %, bezogen auf die Gesamtmenge des Trockenrückstandes, vertreten. In den Mineralstoffen sind als anderweite dungwertige Anteile Phosphorsäure und Kali in geringen Mengen enthalten.

Nachstehend folgt die Mitteilung von 2 Analysenergebnissen, aus denen Näheres erkennbar ist:

In 100 Teilen sind enthalten:	Schlammzustand lufttrocken	Schlammzustand wasserfrei
Wasser	76,74 bezw. 82,84	0 bezw. 0
Organische Stoffe	5,36 „ 4,82	28,21 „ 28,21
Darin: Stickstoff	0,22 „ 0,29	1,63 „ 1,63
Anorganische Stoffe	17,90 „ 12,32	71,79 „ 71,79
Darin: Phosphorsäure	0,22 „ 0,17	1,01 „ 1,01
Kali	— „ 0,065	— „ 0,38
Kalk	3,72 „ 3,58	26,85 „ 20,58
Thonerde und Eisenoxyd	2,68 „ 1,56	9,08 „ 9,09
Sand und Thon	8,47 „ 3,29	19,19 „ 19,19
Kieselsäure	— „ 1,50	— „ 8,75

Der lufttrockene Schlamm ist hiernach im allgemeinen arm an dungwertigen Stoffen, und da der Stickstoff der Zersetzung durch den Kalkzusatz widerstanden hat, wird derselbe im allgemeinen sich in einer stabilen chemischen Verbindung befinden, so daß es zweifelhaft ist, ob dieser Bestandteil sich zur unmittelbaren Aufnahme durch Pflanzenwuchs überhaupt eignet. Der Schlamm ist daher im allgemeinen „Ballast" von geringem Werte, der die Kosten längerer Transporte nicht tragen kann, vielmehr nur ein enges Absatzgebiet hat — ausgenommen den Fall, daß der Kalkgehalt etwa ein gesuchter Bestandteil des Schlammes ist, wie dies für kalkarme Böden stattfindet. Sehr regelmäßig pflegt sich daher die Erscheinung zu wiederholen, daß für den Schlamm, selbst in besser getrocknetem — oder gepreßtem — Zustande sich nur schwer Abnehmer finden und den Kläranstalten wenigstens zu Zeiten die Aufgabe verbleibt, auch für geeignete endgültige Unterbringung mehr oder weniger großer Schlammmassen Sorge zu tragen. Selten gelingt es für dieselben, nur einen geringen Preis zu erzielen, der zu den Kosten des Verfahrens einen gewissen, einigermaßen ins Gewicht fallenden Beitrag lieferte. Gewöhnlich werden die Kläranstalten schon Grund zu besonderer Zufriedenheit haben, wenn sich Abnehmer finden, die den Schlamm wenigstens zu gewissen Jahreszeiten kostenfrei oder gegen eine geringe Zuzahlung abholen.

Hieraus ersieht sich, daß bei Anlage einer Kläranstalt u. a. auch die folgenden Fragen genau gewürdigt sein wollen:

Ob und welche dauernden Absatz- oder nur Verbleibsmöglichkeiten für den Schlamm bestehen?

Ob und welcher Preis für den Schlamm zu erzielen ist, um danach sowohl die anzuwendenden Klärmittel, als die nachträgliche Behandlung des Schlammes — Trocknung desselben — zweckmäßig einzurichten?

Säuren und hohe Alkalinität des Schlammes machen den Schlamm als Dungmittel mehr oder weniger wertlos. Wird Kalk als Klärmittel verwendet, so kann auch das Ammoniak aus dem Schlamm verschwinden. Ein etwaiger Rest davon kann noch beim Pressen ausgetrieben werden. Gepreßter und danach vollständig

getrockneter Schlamm enthielt etwa 1—2 % Stickstoff und etwas mehr an Phosphorsäure.

Die aus den stark eisenhaltigen Abwassern von Wolverhamptom durch Pressen hergestellten frischen und demnächst weiter getrockneten Schlammkuchen haben die in nachfolgender Tabelle angegebene Zusammensetzung, zu der zu bemerken ist, daß zu Wolverhampton mit Kalk in der Menge von 0,4 kg auf 1 cbm Abwasser geklärt wird; diese Menge ist relativ hoch. Die Schlammkuchen werden an Landwirte unentgeltlich abgelassen und finden willig Abnehmer.

	Frisch gepreßte Schlammkuchen %	An der Luft bis zum Zerfallen getrocknet %	Ungefähre Zusammensetzung von gewöhnl. Landdünger %
Feuchtigkeit bei Erhitzung auf 100°	50	26,70	75
Organische Stoffe . . .	14,12	20,70	17
Phosphorsäure	0,48	0,70	8
Aetzkalk	11,12	16,30	
Eisenoxyde	5,48	8,03	
Thonerde	2,18	3,19	
Kieselsäurehaltige Stoffe .	7,88	11,55	
Magnesia u. s. w. . . .	0,83	1,23	
Kohlensäure	7,91	11,60	

Das aus dem Schlamm ablaufende oder durch Pressung entfernte Wasser ist hochgradig verunreinigt. Man pflegt sich desselben durch abermalige Einleitung in die Klärbehälter zu entledigen. Wenn mit Kalk im Ueberschuß geklärt ist, so enthält das Wasser noch gewisse Kalkmengen, die bei der wiederholten Aufleitung nutzbar für die Wasserreinigung werden. Crimp giebt (a. a. O.) eine Analyse von bei der Schlammpressung abgeschiedenem Wasser, welches noch mit Kalk gesättigt war; dieselbe wird hier mitgeteilt:

Verdampfungsrückstand (bei 120° Temp. erlangt)	3720	mg in 1 l
Glühverlust .	404	„ „ „ „
Chloride .	67	„ „ „ „
Kohlensaurer Kalk (CaO)	1875,5	„ „ „ „
Flüchtiges Ammoniak	98,6	„ „ „ „
Gebundenes	25,7	„ „ „ „
Verbrauch an $KMnO_4$ zur Oxydation organischer Stoffe, während der Dauer von 2 Minuten	11,3	„ „ „ „
Desgleichen während der Dauer von 4 Stunden	17,2	„ „ „ „
Alkalinität (auf Kalkhydrat berechnet)	2167,1	„ „ „ „

Zur Verwendung als Dünger in größerer Entfernung von der Kläranstalt ist notwendig, daß der Schlamm gepreßt und noch weiter getrocknet werde. Behufs Verteilung auf den Acker sind die stärker getrockneten Schlammkuchen zu pulvern.

Wenn mit Bezug auf den Verbleib des Schlammes die Sachlage dauernd ungünstig ist, oder wenn auch nur vorübergehend in einigem Umfange die Notwendigkeit besteht, große Schlammmassen unmittelbar bei der Kläranstalt aufzuspeichern, greifen große gesundheitliche Bedenken, die hieran anknüpfen, Platz: Luft-, Boden- und Grundwasserverderbnis, Belästigung der Umgebung durch Gerüche

und Fliegen, so daß die Frage auftreten kann, ob nicht die hiervon drohenden Schäden größere sind als diejenigen, welche von der Einleitung der ungereinigten Schmutzwasser in ein offenes Gewässer vielleicht erwartet werden müssen?

§ 190. Wo die Schlammmassen nicht absatzfähig sind, bleiben zu ihrer gesundheitsunschädlichen Beseitigung etwa folgende Wege offen:

a) Untergraben derselben in nassem oder wenig getrocknetem Zustande auf wüstem oder auch in Kultur stehendem Lande. Die Anwendung des Mittels hängt von örtlichen Verhältnissen ab; es kann das beste und billigste unter den zu Gebote stehenden sein. Dasselbe wird u. a. in Birmingham benutzt.

b) Abtransport auf niedrig liegendes Gelände zur Aufhöhung desselben. Auch hierbei ist durchaus die Oertlichkeit entscheidend. Sind betreffende Bodenflächen nicht in unmittelbarer Nähe der Kläranstalt vorhanden, so wird es wohl immer notwendig sein, den Schlamm vor dem Transport einigermaßen zu trocknen — wenigstens „stichfest" werden zu lassen.

c) Verbringen in stehende offene Gewässer oder ins offene Meer hinaus. Das Mittel steht in einigen englischen Städten in Uebung. Der Schlamm braucht nicht getrocknet zu werden, sondern nur „abzusitzen". Man wird denselben daher in kürzester Frist los und dient damit vielleicht auch dem Fischleben. Zu gewissen Jahreszeiten können durch üble Witterung Unterbrechungen der Transporte entstehen. Wieder hängt alles von der Oertlichkeit ab.

d) Vermischung mit Straßenkehricht und Hausmüll. Dabei erfolgt Versetzung in den halb trockenen Zustand, der den Abtransport erleichtert. Vielleicht ist das Gemisch als Dünger wertvoll genug, um die Kosten etwas längerer Transporte tragen zu können; indessen ist dies wenig wahrscheinlich (vergl. hierzu S. 257 u. 263).

e) Verbrennung. Bei dem nur geringen Anteil an organischen Stoffen setzt die Verbrennung einen gewissen hochliegenden Trockenheitszustand voraus, der erst durch Pressen oder auf andere künstliche Weise geschaffen werden muß. Nur in dem Falle daß den Schmutzwassern größere Mengen organischer Stoffe beigemischt sind — wie es z. B. in Städten mit größeren Fabrikbetrieben gewisser Gattungen der Fall sein kann — gelingt die Verbrennung auch nassen Schlammes ohne Kohlenzusatz. Uebrigens verbleiben dabei größere Aschenmengen; die geringste Menge scheint etwa 15 % zu sein und die Asche ist wertlos. Ein betreffendes Beispiel bietet die Fabrikstadt Salford mit vielen Sammetwebereien (Dibdin and Crimp a. a. O.). Auch durch Zumischung von Straßenkehricht oder Hausmüll kann genügende Abtrocknung erreicht werden, damit der Schlamm verbrennungsfähig sei. Für diese Beseitigungsweise liegen in England mehrere Beispiele vor. Ebenfalls ist es möglich, die für die Verbrennung notwendige Trocknung durch Pressen des Schlammes herzustellen. Die Oefen entsenden aber übel riechende Bestandteile in die Luft, welche gesammelt und von neuem in Feuerungen geleitet werden müssen, um vollständig verbrannt zu werden.

Die Kosten der Verbrennung können wegen der Austreibung des Wassers nicht anders als hoch sein. Versuche, einen gewissen Ersatz durch Gewinnung des Ammoniaks zu erzielen, scheinen bisher keinen ausreichenden Erfolg geliefert zu haben. Das Bestreben, bei der Verbrennung einen teilweisen Ersatz der Kosten herauszuschlagen, kann von besserem Erfolg sein, wenn bei der Klärung Kalk benutzt wird, oder wenn in den zugemischten Stoffen (Straßenkehricht) Kalk in entsprechender Menge vorhanden ist. In diesem Falle kann beim Verbrennen — da die organischen Teile in Asche verwandelt werden — Aetzkalk und, wenn Thonerde und Kieselsäure zugesetzt werden, eine andere ähnliche Art Mörtelmaterial gewonnen werden; der Aetzkalk kann auch wiederholt als Klärmittel dienen, also

einen Kreislauf durchmachen. Auch für diese Verfahren liegen in England Beispiele vor.

Welches Verfahren auch zur Beseitigung des Schlammes gewählt wird, immer wird dasselbe mit **Kosten** verbunden, nur selten Gelegenheit gegeben sein, sich ohne Kostenaufwand der Schlammmassen zu entledigen. Im günstigsten Falle sind dieselben wertlose oder doch nahezu wertlose Massen Selbstverständlich kann durch Benutzung von Klärmitteln, welche den Düngerwert des Schlammes erhöhen, an diesem Zustande einiges gebessert werden. Bereits sind betreffende Klärmittel und Verfahrensweisen bekannt, und es steht sicher zu erwarten, daß es der Technik gelingen wird, in dieser Richtung weitere Erfolge zu erzielen. (Vergl. weiterhin.)

§ 191. Außer den Fragen, die im vorhergehenden Paragraphen berührt worden sind, kommen bei der Entscheidung darüber, ob Klärung oder nicht? und auf welche Weise am vorteilhaftesten geklärt wird? noch eine Reihe Umstände in Betracht, wozu etwa folgende gehören:

1. Es muß ein offenes Gewässer in erreichbarer Nähe sein, dem die geklärten Wasser übergeben werden können. Möglichst unmittelbare Nähe desselben ist hoch erwünscht, eine gewisse Größe desselben, die ein Vielfaches der Abwassermenge erreicht, notwendig.

Entfernte Lage des offenen Gewässers verursacht nicht nur einen entsprechenden Kostenaufwand für die Zuleitung, sondern beeinflußt auch die Beschaffenheit des noch fäulnisfähige Stoffe in großer Menge enthaltenden geklärten Wassers in ungünstigem Sinne, wenn nicht durch Zusatz entsprechender Chemikalien dem Fortgang der Fäulnis für eine ausreichend lange Dauer vorgebeugt wird. Hat das Gewässer reichliche Größe, so daß eine weitgehende Verdünnung der Faulstoffe stattfindet, so wird hier keine Fäulnis mehr auftreten; im andern Falle ist dies möglich und findet Schädigung des Gewässers statt. Genaues über das erforderliche Verhältnis zwischen der Flußwasser- und der Abwassermenge ist bei den großen Verschiedenheiten in der Selbstreinigungsfähigkeit der Flüsse (vergl. das betr. Kapitel) und den Ungleichheiten in der Beschaffenheit der geklärten Wasser nicht wohl anzugeben; im allgemeinen dürfte die Verdünnung ausreichen, wenn die Flußwassermenge etwa das 15fache der zugeführten Klärwassermenge ist.

Zu beachten sind bei der Einleitung die Temperatur und die Zusammensetzung des Klärwassers, mit Rücksicht auf etwa in Frage kommende Schädigungen des Fischlebens im Flusse. Anderweit ist zu beachten, daß da, wo unter Benutzung von Chemikalien (besonders Kalk) geklärt wird, das Flußwasser alkalisch und hart wird, da im Klärwasser enthaltener Aetzkalk durch Aufnahme von Kohlensäure aus Wasser und Luft in einfach kohlensauren Kalk übergeführt wird. Sowohl ersterer als auch im Ueberschuß vorhandener Aetzkalk fällt im Flusse als Schlamm aus. Durch ersteren wird das Mikrobenleben des Flusses gefördert.

Ist Uebergabe der Klärwasser an ein offenes Gewässer unthunlich, so bleibt als Mittel, um das geklärte noch fäulnisfähige Wasser vollends zu reinigen, noch die **Rieselung**. Bei dem Gehalt an organischen gelösten Stoffen ließe sich dabei vielleicht eine wirtschaftlich gute Nutzung erreichen, **zumal beschränkte Größe des Rieselfeldes genügt**. Durch den Hinzutritt der Rieselung kann eine **sehr vollständige** Reinigung des Wassers erzielt werden, da die Klärung Keimfreiheit, die Rieselung Befreiung von verunreinigenden Stoffen bewirkt, beide Verfahren sich also ergänzen. Immerhin wird durch den Hinzutritt der Rieselung der Wert der Klärung entsprechend herabgedrückt.

Anderweit hat man die Nachreinigung durch sogen. atmosphärische Oxydation

zu bewirken gesucht und zwar in mehrererlei Weise. Man hat das Wasser an Drahtgittern, oder mittelst Ueberfälle (Kaskaden) in ausgiebige Berührung mit Luft gesetzt, endlich auch dem Wasser größere Luftmengen durch Einblasen zugeführt, und schließlich durch einen Zusatz sauerstoffreicher Körper (übermangansaures Kali, $KMnO_4$) den gleichen Zweck angestrebt. Ob die erstgenannten Mittel ausreichend wirksam sind, scheint durch die Erfahrung noch nicht sicher erwiesen; jedenfalls wird durch ihre Anwendung die Thätigkeit der Nitrobakterien angeregt. Die Verwendung von $KMnO_4$ in größerem Maßstabe verbietet sich durch den hohen Preis dieses Körpers.

Zur Verhütung der Abgabe übler Gerüche aus dem geklärten Wasser hat man vereinzelt Zusätze gewisser Chemikalien: Karbolsäure, Chlorkalk u. s. w. gemacht; auch hierbei handelt es sich bisher wohl nur um Versuche, deren Uebertragungsmöglichkeit ins Große fraglich ist.

§ 192. Die Schmutzwasser sollen möglichst rasch nach ihrer Entstehung dem Klärprozeß unterworfen werden. Findet dies erst nach Ablauf einer mehr oder weniger langen Zeit statt, so treten durch die Thätigkeit der in größeren Mengen entwickelten Fäulnisbakterien Umbildungen ein, welche bewirken können, daß sich fäulnisfähige Stoffe der Fällung entziehen, der Reinigungseffekt daher beeinträchtigt wird. Die Erreichung eines gewissen Grades von Gleichmäßigkeit im Reinigungseffekt setzt daher eine gewisse Gleichmäßigkeit im Zufluß der Schmutzwasser voraus. Wo diese fehlt, muß zeitweilige Unterbrechung des Betriebes bezw. Aufsammlung der Schmutzwasser stattfinden, beides Vorgänge, welche ungünstige gesundheitliche Wirkungen und dazu Kostenvermehrungen mit sich bringen. Darnach ersieht sich, daß Klärvorrichtungen da wenig gut am Platze sind, wo Regenwasser in die Kanäle aufgenommen wird, dessen völlig regelloser Hinzutritt erhebliche Störungen in der Ordnung des Betriebes bewirken kann. Aber auch in Rücksicht auf Kostenersparnis werden Kläranlagen nur da einen höheren Grad von Berechtigung haben, wo die Kanalisation nach Trennsystem ausgeführt ist; dies um so mehr, als der Klärungseffekt um so geringer ist, je stärker verdünnt das Schmutzwasser war.

Den Wechseln im Zufluß gesellen sich Wechsel in der Beschaffenheit der Schmutzwasser (S. 163) hinzu, welche die Gleichmäßigkeit des Klärungseffekts ungünstig beeinflussen.

§ 193. Die speziellen Kläreinrichtungen nebst unmittelbarem Zubehör sind schon, um die Ausbreitung von Gerüchen und Dämpfen zu verhindern, dicht bei einander in geschlossenen Räumen unterzubringen. Dies erleichtert Uebersicht und Ordnung des Betriebes und sichert im allgemeinen auch vor Frostgefahr. Immerhin ist bei der Langsamkeit der Bewegung der Wasser durch die Kläranlage diese Gefahr hinsichtlich einzelner Teile nicht ausgeschlossen. Mit derselben ist namentlich dann zu rechnen, wenn die Wasserversorgung der Stadt aus offenen Gewässern erfolgt, deren Temperatur allen Schwankungen der Lufttemperatur folgt. — Für Gegenden mit rauhem Klima und langen Wintern kann aber die vorhandene relative Sicherheit vor Unterbrechungen durch Frost sehr zu Gunsten von Kläreinrichtungen sprechen. — Uebrigens lehrt die Erfahrung, daß Kläranstalten mit guten Betriebseinrichtungen inmitten der Nähe von Wohnstätten, selbst inmitten der Stadt angelegt werden dürfen, ohne daß die Gefahr schlimmer Belästigungen der Umgebung praktisch wird.

Die baulichen Anlagen der Kläranstalten und ihrer Betriebseinrichtungen erfordern nicht unbedeutende Kosten, wenigstens vorläufig, wo einzelne Teile unter Patent-

schutz stehen. Bei der Künstlichkeit der Einrichtung ist aber wohl anzunehmen, daß durch weiter folgende Abänderungen u. s. w. dieser Zustand ein dauernder wird. Ein Moment, welches zu Gunsten von Kläranlagen spricht, kann hierin gewiß nicht gesehen werden. Wenn nicht gerade kleine Anlagen in Frage stehen, kann man als Bau- und Einrichtungskosten, auf je 1000 cbm täglicher Wasserreinigung bezogen, 10000—15000 M. rechnen; bei kleinen Anlagen vermehrt, bei größeren vermindert sich dieser Satz. Es handelt sich in denselben um Beträge, welche in der beständigen Gefahr stehen, durch neue Erfindungen u. s. w. wenigstens zum Teil verloren zu gehen. Dies sowohl als die Unvollkommenheit der Reinigung haften den Kläranstalten in vielen Fällen den Charakter des Unfertigen, bezw. des Vorläufigen oder des Notbehelfes auf, während sie in anderen, besonderen Fällen hiervon allerdings frei sein können. Hierbei ist namentlich an kleinere Städte, einzelne Institute, in denen eine größere Anzahl von Menschen zusammengedrängt wohnt, und Fabriken gedacht. Je größer aber eine Stadt, um so mehr treten die hervorgehobenen gegenteiligen Momente in den Vordergrund, und bei eigentlichen Großstädten kann von Kläranlagen für die Abwasser nicht die Rede sein. Bei solchen setzen Kosten, Schwierigkeiten der Schlammbeseitigung und Mangelhaftigkeit der Reinigung die Klärverfahren in so entschiedenen Nachteil gegenüber der Rieselung, daß von vornherein ganz Abstand zu nehmen ist, oder Klärung nur als ein vielleicht unvermeidbares Provisorium in Betracht gezogen, bezw. eingeführt werden kann. Doch haben von deutschen Großstädten Frankfurt a. M., Dortmund, Essen Kläreinrichtungen für ihre Abwasser eingerichtet.

§ 194. Das einfachste Klärverfahren ist dasjenige, bei welchem Abscheidung der Schwebestoffe ausschließlich durch Stillstand des Wassers oder bei geringer Bewegung (bis höchstens 3 mm in 1 Sek., S. 86) erfolgt. Der vollständige Stillstand ist wirksamer, weil in den Becken, welche das Schmutzwasser fließend passiert, sich nicht leicht in dem ganzen Querschnitt überall gleiche Geschwindigkeiten herausstellen, vielmehr „tote Ecken“ entstehen und Striche, in denen die Geschwindigkeit größer als die zum Absitzen der Schwebestoffe einzuhaltende ist. Außerdem ist nach einiger Betriebsdauer der untere Beckenteil mit niedergeschlagenen Massen gefüllt und tritt auch in dem Maße als die Höhe der Schlammschicht wächst, eine Geschwindigkeitsvermehrung bei den durchfließenden Wassern ein. Jedenfalls müssen Absitzbecken, in denen das Wasser nicht stillsteht, bei einer größeren Längenerstreckung, eine ziemlich bedeutende Tiefe erhalten, die nicht weniger als etwa 1,5 m betragen darf.

Bei sehr sorgfältigem Betriebe kann es gelingen, in Absitzbecken die Schwebestoffe bis auf einige Prozent niederzuschlagen. Dieser Erfolg bedeutet aber, wenn auch das abfließende Wasser klar ist, keine eigentliche Reinigung und noch weniger eine Desinfektion, da in dem abfließenden Wasser die gelösten Stoffe noch fast ohne Abzug enthalten sind und eine Verminderung der Keime (durch Niederreißen) nur in geringem Maße stattfindet. Wenn selbst aber auch größere Mengen der Keime ausgeschieden worden sind, so treten an deren Stelle leicht neue, und das Endergebnis kann darum ebensowohl in einer gewissen Verminderung, als auch in einer Vermehrung der Keimzahl bestehen. Gelangt das so geklärte Wasser in Flußläufe, so entsteht für diese einzig der Vorteil, daß sie nicht eine Belastung mit den Schwebestoffen erfahren. Geruchbildung und Fäulnis können eventuell ebenso wie im ungeklärten Wasser auftreten. — Der in den Becken abgesetzte Schlamm ist als Dungmittel geringwertig, da in dem Trockenrückstande desselben, der vielleicht nur 3—5% der nassen (Gewichts-) Menge beträgt (nach Vogel a. a. O.), nur etwa 3% Stickstoff angetroffen werden, nebst etwa halb so viel Phosphorsäure und etwas Kali.

Die Reinigung bloß durch Absitzen wird daher nur in Ausnahmefällen genügen können; dieselbe läuft gesundheitlichen und wirtschaftlichen Rücksichten zuwider, auch schon wegen der besonderen Art und Weise der Schlammbeseitigung. —

In früherer Zeit sind mehrfach Versuche angestellt worden, die Schwebestoffe durch Schleudermaschinen aus den Schmutzwassern zu entfernen; diese Versuche haben jedoch keine befriedigenden Ergebnisse geliefert, weder was den Reinigungseffekt noch was den Kostenpunkt betrifft.

§ 195. Raschere und bessere Wirkungen als mit dem bloßen Absitzen lassen sich dadurch erzielen, daß man Zusätze von Chemikalien zu den Schmutzwassern macht, welche bestimmt sind, entweder nur als Fällmittel zu wirken, oder daneben auch gelöste Stoffe in unlösliche Verbindungen überzuführen, welche dann gleichfalls ausgeschieden werden. Weiter können die Zusätze den Zweck haben, das mikroskopische Leben in den Schmutzwassern zu vernichten und endlich den, dem Fortgange der Fäulnis zu wehren.

Je nachdem der Reinigungszweck oder der Desinfektionszweck in den Vordergrund geschoben wird, ist das Fällmittel zu wählen. Einen weiteren Einfluß dabei übt die etwa erhobene Forderung der landwirtschaftlichen Nutzung der ausgeschiedenen Schmutzstoffe. Man ersieht, daß es sich hierbei um die Lösung einer Aufgabe handelt, die auf einem engen Gebiet der Spezialistik liegt, daß hierbei die Mitwirkung des Technikers hinter diejenige des sachverständigen Chemikers (bezw. des Bakteriologen) zurückzutreten hat. Man ersieht ferner noch, daß je nach dem Standpunkt, von dem aus die Entscheidung gegeben wird, das Urteil über den Wert dieses oder jenes Zusatzes außerordentlich verschieden ausfallen kann. In den erwähnten besonderen Interessen, denen noch solche hinzutreten, welche in Erfinderrechten u. s. w. beruhen, finden die in der Litteratur noch vielfach anzutreffenden Abweichungen in den Ansichten und Widersprüche über Wert und Wirkung des einen oder andern Zusatzes, des einen oder andern Klärverfahrens ihre ausreichende Begründung. Um so mehr muß eine enge und zurückhaltende, die Entscheidung offen lassende Bearbeitung dieses Gegenstandes hier angezeigt erscheinen.

Da es feststeht, daß die mineralisierende Thätigkeit in den Schmutzstoffen von Mikroben ausgeht, würde „grundsätzlich" am richtigsten so zu verfahren sein, daß aus den Schmutzwassern nur die Schwebestoffe entfernt werden und die Umbildung der gelösten Stoffe der Thätigkeit der Nitrobakterien zugewiesen wird. Die Lebensbedingungen dieser müssen daher möglichst gefördert werden, wozu reichliche Zuführung von Sauerstoff stattzufinden hat.

Diesem von der Natur vorgezeichneten Wege ist das Verfahren der Praxis entgegengesetzt, wenn man als Ziel dasjenige annimmt, welches die Gesundheitspflege hinstellt, da dasselbe zunächst in der Vernichtung der Keime besteht. Diese muß erfolgen, um Sicherheit zu gewinnen, daß auch die etwa in den Schmutzwassern vorhandenen pathogenen Keime vernichtet werden. Nachdem dies erreicht ist, hat die Gesundheitspflege wieder ein Interesse daran, daß (durch neu auftretendes mikroskopisches Leben) die Mineralisierung der im Wasser etwa noch vorhandenen organischen Stoffe möglichst rasch erfolge, um Weitergehen oder Wiedereintreten von Fäulnis zu steuern.

Der bei großen Massen zur Desinfektion einzig anwendbare, einzig Sicherheit für Vernichtung der Mikroben verbürgende Zusatz ist Aetzkalk, leider ein Zusatz, der sowohl durch seine Menge die Schwierigkeiten der Schlammbeseitigung vergrößert, als den Düngerwert des Schlammes mehr oder weniger erheblich herab-

setzt. Bei diesem Mittel tritt daher die Gegensätzlichkeit der gesundheitlichen und landwirtschaftlichen Interessen sehr deutlich in die Erscheinung.

§ 196. Allgemeine Anforderungen an jedes als Zusatz zu verwendende Klärmittel sind: daß dasselbe sich leicht und innig mit dem Schmutzwasser mische; daß die Menge des Zusatzes nicht so bedeutend sei, um eine beträchtliche Vermehrung der Schlammmenge zu bewirken; daß das Mittel nicht lösend auf Schwebestoffe wirke, weil damit die Schwierigkeiten der Reinigung nur vermehrt werden; daß der Zusatz den Düngerwert des Schlammes nicht selbst noch vermindere, oder nicht Verbindungen eingehe, welche die Beschaffenheit des geklärten Wassers in gesundheitlichem Sinne oder mit Rücksicht auf die Nutzung des Schlammes nachteilig beeinflussen; daß der Modus der Zuführung „handlich" und wenig kostspielig sei. Eine nicht unwichtige Nebenanforderung ist noch die, daß das Klärmittel die „Struktur" des Schlammes nicht derartig verändere, daß für das Trocknen, Pressen u. s. w. desselben Schwierigkeiten entstehen. Endlich: die Wirkung des Zusatzes muß sich rasch einstellen, und der dabei erreichte Reinheitszustand des geklärten Wassers von einiger Dauer sein.

Ueber den Einfluß des Zusatzes auf die Preßfähigkeit des Schlammes in Halle angestellte Versuche lieferten folgende Ergebnisse: Der bei der Klärung ohne Zusatz von Fällmitteln erzielte Schlamm war nicht preßfähig. — Klärung mit Kalk allein ergab einen Schlamm, der erst preßfähig war, nachdem man den Kalkzusatz auf das Doppelte des normalen gebracht hatte. — Bei Klärung mit schwefelsaurer Thonerde allein ward auch bei einem noch so hohen Zusatz kein preßfähiger Schlamm erzielt. — Torfmullzusatz lieferte ebenfalls keinen preßfähigen Schlamm; dabei ergab sich eine große Verschmutzung der ganzen Anstalt.

Indem bisher kein Körper bekannt ist, der allen oben vorgeführten Anforderungen gleichzeitig entspricht, bleibt ein anderes nicht übrig, als mehrere solcher neben- oder nacheinander zu verwenden. In Bezug auf die Notwendigkeit oder Zweckmäßigkeit des Neben- oder Nacheinander herrscht bisher keine vollständige Uebereinstimmung der Ansichten. Da hierfür die besondere Beschaffenheit der Abwasser und die engere Umgrenzung des Reinigungszweckes bestimmend sind, so kann im Einzelfalle die Entscheidung nur von einem sachverständigen Chemiker getroffen werden. Als Regel kann es aber gelten, daß es im allgemeinen vorzuziehen ist, eine geringe Menge von Schwebestoffen im Wasser zu belassen, als durch die sonst erforderliche Vermehrung der Zusätze die Schlammmenge oder auch die gelösten Stoffe wesentlich zu vermehren.

In Bezug auf das Vorstehende folgendes als Beispiel: Der wesentlichste Teil in der Ausfällung von Schwebestoffen erfolgt durch die mechanische Wirksamkeit der Schwerkraft (vergl. § 184). Der Vorgang wird durch einen Zusatz von Aetzkalk nur unterstützt. Indessen führt Kalk auch gewisse Mengen der Schwebestoffe in lösliche Form über und vergrößert dadurch den Reichtum des geklärten Wassers an gelösten organischen Stoffen. Die Schlammmenge wird etwa um die zugesetzte Kalkmenge vermehrt; durch den Kalk kann Austreibung von Ammoniak erfolgen und wird der Düngerwert des Schlammes vermindert. Der Hauptwert des Kalkzusatzes besteht in der Mikrobenvernichtung. Das geklärte Wasser bleibt auch steril, solange als freier Aetzkalk im Wasser vorhanden ist. Sobald jedoch durch Wiederaufnahme von Kohlensäure aus Wasser und Luft Ueberführung des Aetzkalkes in einfach kohlensaurem Kalk erfolgt ist, tritt in dem alkalisch reagierenden und stickstoffhaltigen geklärten Wasser ein reiches Mikrobenleben von neuem auf, und entstehen auch Fäulnisgerüche. Auf Grund dieser Thatsachen ist von Lepsius u. a. der Vorschlag gemacht, den Kalkzusatz nicht von vornherein zu machen,

sondern erst nachträglich, in dem Augenblicke, wo das Wasser die Kläranstalt verläßt. Dies Verfahren dürfte in dem Falle richtig sein, daß das geklärte Wasser einem kleinen Flusse übergeben wird, in welchem nur eine unzureichende, den Wiedereintritt von Fäulnis nicht verhindernde Verdünnung stattfindet. Genügt die Flußwassermenge hierzu, so mag man den Kalkzusatz auch in einem anderen Stadium des Klärvorganges machen. In der That wird derselbe gewöhnlich an den Anfang des Prozesses gesetzt, indem man entweder zuerst den Kalk hinzufügt, und dann noch den einen oder andern Zusatz folgen läßt, oder indem man den Kalk nebst andern Stoffen dem Schmutzwasser gleichzeitig zuführt. In dem ersten Falle ist an eine vorbereitende förderliche Wirksamkeit des Kalks gedacht, in dem andern unterstellt, daß die vereinte Wirksamkeit beider Fällmittel die größere sei. Ist der Fluß klein, so kann man Kalk sowohl am Anfang des Prozesses als auch beim Austritt des Wassers aus der Kläranstalt zusetzen. Die Rücksicht auf den Kostenpunkt spielt dabei keine große Rolle, indem der Kalk wieder gewinnbar ist (vergl. weiterhin).

Zu der Gegensätzlichkeit der vorstehend dargelegten Auffassungen muß auf die zur Erklärung in gewissem Maße beitragende Thatsache aufmerksam gemacht werden, daß der Kalk zur Entwickelung seiner vollen Wirksamkeit einer gewissen Zeit bedarf, auch eine gewisse Aequivalenz zwischen der Kalkmenge und der Dauer seiner Einwirkung besteht. Es kann derselbe Wirkungsgrad erzielt werden, einmal, indem man größere Mengen Kalk zufügt und die Einwirkungsdauer abkürzt, und ein andermal, indem man die Kalkmenge verringert, aber die Wirkungsdauer ausdehnt.

§ 197. Unter den Fällmitteln ist Aetzkalk das bisher weitaus am häufigsten und wohl auch am frühesten angewendete. Die bekannt gewordene erste Anwendung davon hat im Jahre 1866 Süvern gemacht, anscheinend für die Reinigung der stark fäulnisfähigen Abwasser von Zuckerfabriken. Süvern benutzte Kalk zusammen mit Chlormagnesium und Steinkohlenteer. Das Mittel ist noch heute, wenn auch vielleicht mit Hinzufügung noch andrer Stoffe und etwas veränderter Zusammensetzung, in Gebrauch. Ein Desinfektionsmittel im strengen Sinne ist es nicht; die Schmutzwasser werden nur in mäßigem Grade gereinigt und das Klärwasser bleibt fäulnisfähig.

Die chemische Wirkung des Aetzkalks beruht (nach Vogel a. a. O.) in erster Linie darauf, „daß derselbe mit der Phosphorsäure, sowohl der freien, wie der an Alkalien gebundenen Kohlensäure der Schmutzwasser phosphorsauren, bezw. (einfach) kohlensauren Kalk bildet. Auch der in dem Schmutzwasser vorhandene — saure — kohlensaure Kalk verbindet sich mit einem Teil des Aetzkalks in der Weise, daß ebenfalls unlöslicher (einfach) kohlensaurer Kalk entsteht. Die genannten Verbindungen sind unlöslich, sinken und reißen dabei die Schwebestoffe des Schmutzwassers mit zu Boden. Außerdem wird durch Bildung von Schwefelcalcium Schwefelwasserstoff entfernt und dadurch zur Geruchlosigkeit beigetragen. Die Menge des Aetzkalks muß aber bedeutend sein, wenn der gesamte Schwefelwasserstoff entfernt werden soll.

Hinsichtlich des sonstigen Verhaltens und der Wirkungen des Aetzkalks wird auf vorhergehende Angaben verwiesen; doch sind folgende, vom rein chemischen Standpunkte ausgehende sehr ungünstig lautende Beurteilungen des „Kalkverfahrens“ hinzuzufügen:

Von Vogel: Zu den in chemischer Hinsicht „unbrauchbaren“ Verfahren gehören in erster Reihe alle diejenigen, bei welchen Aetzkalk für sich allein, oder zusammen mit andern Metall-

verbindungen als hauptsächlichstes Fällmittel dient, trotzdem gerade diese Verfahren es sind, welche dem Laien auf dem chemischen Gebiet „wegen der raschen und vorzüglichen Ausfällung der Sink- und Schwebestoffe" als die besten erscheinen, ein Umstand, der zur Verbreitung gerade dieser Verfahren nicht wenig beigetragen hat. Denn die Städte sind in der Regel zufrieden, wenn mit Hilfe eines möglichst billigen Verfahrens durch eine äußerliche Reinigung der Schmutzwasser ein Scheinerfolg geschaffen wird, welcher ihnen die Erlaubnis zur Einleitung des so gereinigten Wassers in die Flußläufe verschafft. Für sie ist die Klärung weiter nichts, als das Opfer, welches sie für die Erlaubnis zur Einleitung zu bringen haben. Glücklicherweise (?) rächt sich aber die Einrichtung einer derartig unvollkommenen Kläranlage sehr bald dadurch von selbst, daß sie zugleich einen wenig brauchbaren Dünger liefert, für den dann die Städte oft nur mit den größten Schwierigkeiten und Geldverlusten Absatz finden.

Hat Vogel bei letzterer Aeußerung mangelhafte Kläranlagen überhanpt im Auge, so verstärkt er seine sehr ungünstige Auslassung speziell über das Kalkverfahren durch Hinzufügung des folgenden Urteils des englischen Chemikers Charles A. Burghardt:

„Viele Jahre hindurch wandte man (in England) zur Klärung der Abwasser das Kalkverfahren an und war mit den Ergebnissen dieser Reinigung vollauf zufrieden. Die Zufriedenheit hatte jedoch in erster Reihe ihren Grund darin, daß über den wahren Wert des Verfahrens völlige Unkenntnis herrschte. Man glaubte, daß die mit Kalk geklärten Abwässer nicht nur eine ‚klare', sondern auch eine ‚reine' Flüssigkeit darstellen. Dazu kam die geringe Kostspieligkeit.

Durch chemische Untersuchungen ist während der letzten 10 Jahre auf das unzweifelhafteste festgestellt, daß eine alkalische Flüssigkeit, in welcher die Ursache der Alkalinität der großen Menge von freiem Aetzkalk zuzuschreiben ist, mehr der Zersetzung unterworfen und folglich schädlicher wirkt, als eine neutrale oder saure Flüssigkeit. Durch den Aetzkalk werden die (alle?) fäulnisfähigen festen organischen Bestandteile der Spüljauche zersetzt und sodann in gelöstem Zustande weiter mit derselben fortgeführt. Das nach der Kalkbehandlung abfließende Wasser enthält demgemäß eine große Menge teilweise bereits zersetzter organischer Bestandteile, welche hauptsächlich von menschlichen Absonderungen, die bereits stark in Fäulnis übergegangen waren, herrühren. So werden namentlich die eiweisshaltigen Bestandteile der Schmutzwasser durch die Kalkbehandlung in einen Zustand übergeführt, in welchem sie leichter zersetzbar und somit gefährlicher sind. Das mit Kalk behandelte und dadurch angeblich gereinigte Abwasser ist deshalb in Wirklichkeit bedenklicher als das vorher in ungereinigtem rohen Zustande befindliche (allgemein?). Diese Sachlage wird im wesentlichen durchaus nicht dadurch geändert, daß das mit Kalk geklärte Abwasser später durch Boden, oder ein sonstiges, auf das beste hergestellte Filter nachgereinigt wird (?). Es ist dieser Umstand der Thatsache zuzuschreiben, daß der Boden oder das sonstige Filter in ganz kurzer Zeit durch die Ablagerung der oben erwähnten im gelösten Zustande befindlichen schleimigen, zähen, gummiartigen Bestandteile angefüllt, also verstopft und dadurch unbrauchbar gemacht wird. Auf Grund meiner Beobachtungen kann ich über das Kalkklärverfahren mit oder ohne nachfolgende Filterung das Urteil anderer Chemiker in dem Sinne bestätigen, daß dies Verfahren, insoweit die Reinigung der Abwässer dabei in Betracht kommt, nichts weiter als eine Täuschung in sich schließt, und sollte es nicht länger gestattet werden, daß derartig behandelte Abwässer in Flußläufe, in deren Nähe sich menschliche Wohnorte befinden, eingeleitet werden. Solche Einleitung ist vollkommen widersinnig! . . ."

Auch König kommt in seiner Preisschrift (Die Verunreinigung der Gewässer, Berlin 1882) zu einem ungünstigen Urteil über das Kalkverfahren, und von manchen andern Seiten sind demselben ähnliche Vorwürfe wie oben gemacht worden. Es fehlt auch nicht an Fällen, wo dasselbe geradezu versagt hat (z. B. in Burnley, vergl. Röchling, a. a. O.). Auf der andern Seite wird aber dem Kalkverfahren wegen seiner Desinfektionswirkung von Hygienikern das Wort geredet, und man darf sagen, daß es in dieser Hinsicht bisher das einzige im großen Maßstabe ausführbare Mittel bildet. Ein Vorzug von gewissem Wert besteht auch darin, daß der Kalkzusatz die Preßbarkeit des Schlammes befördert, während andre Zusätze mehr ein Auseinanderfallen der Schlammteilchen bewirken, oder doch zur Herstellung eines gewissen Zusammenhangs unter denselben nichts beitragen. Wird nun noch hinzugenommen, daß vollkommen genügende, mit erschwingbaren Mitteln durchführbare Reinigungsverfahren bisher nicht bekannt sind, oder doch

nicht hinreichend erprobt erscheinen, ferner daß die Gesundheitspolizei, außer stande mehr zu verlangen, als was die Praxis im Augenblick thatsächlich zu leisten vermag, sich mit den Erfolgen des Kalkverfahrens wohl oder übel zufriedengestellt erklären muß, endlich daß der Beweis vielfach erbracht ist, daß mit diesem Verfahren dem Weitergehen der Fäulnis vorübergehend — und für nicht gerade kurze Dauer — Einhalt gethan werden kann, so ersieht es sich, daß für so generelle und auch einseitige Be- und Verurteilungen des Kalkverfahrens, wie sie oben mitgeteilt sind, die ausreichende Begründung fehlt, wenngleich es dem Verfasser fern liegt, damit die „grundsätzliche“ Berechtigung der Urteile und deren Begründung in Zweifel zu ziehen. Aber solange die Chemie nicht mit der Auffindung andrer zuverlässiger, mehr leistender und nicht erheblich mehr kostender Mittel zur Schmutzwasserreinigung zu dienen vermag, solange wird es den Städten in der ganzen oder halben Notlage, in der sie sich befinden, nicht verübelt werden können, wenn sie weiter zu einem Mittel greifen, das nicht frei von Anfechtungen ist, das aber den Anforderungen, welche an die Städte von oben und von unten aus gestellt werden, im notwendigen Umfange — freilich um nichts darüber hinaus — genügt. Und dies leistet wenigstens bis auf weiteres das Kalkverfahren.

§ 198. Die anzuwendenden Mengen von Kalk hängen zum Teil von der Dauer der Einwirkung, teils von dem Maß der Wirkung, welches erreicht werden soll, ab. Man hat in der Bemessung also eine gewisse Freiheit: entweder einen großen Apparat (Becken, Türme, Brunnen) und weniger Kalkzusatz oder einen kleinen Apparat und höheren Kalkzusatz. Häufig wird ein Kalkzusatz, der sich um 0,33 kg auf 1 cbm Abwasser bewegt, gegeben, doch öfter auch erheblich weniger und erheblich mehr. Der Zusatz geht zuweilen bis auf etwa die Hälfte des angegebenen Satzes herunter, wie er zuweilen auch bis fast auf das Doppelte hinauf geht. Im ersteren Falle erfolgen aber gewöhnlich noch Zusätze andrer Art, auf welche erst weiterhin einzugehen sein wird.

Geht der Zweck auf vollständige Desinfektion (Keimfreiheit) des Schmutzwassers, so muß der Kalkzusatz erheblich höher als angegeben ist, sein. Wichtig für die Verbrauchsmenge ist, daß der Kalk (Kalkmilch) frisch sei und nicht ungelöste Bestandteile enthalte. So lange die Lösung milchartig-dickflüssig ist, ist noch ein hoher Anteil Kalk im ungelösten Zustande vorhanden. Es würde vorteilhaft sein, denjenigen Teil, der sich im Laufe einer gewissen Zeitdauer nicht löst, ausfallen zu lassen und abzusondern. Von gleichfalls großer Bedeutung für den Erfolg ist innige Mischung des Kalkhydrats mit den Schmutzwassern; diese muß durch geeignete mechanische Vorrichtungen bewirkt werden. Proskauer bestimmte die zur vollständigen Desinfektion der sehr stark verunreinigten Potsdamer Schmutzwasser (Analyse S. 165) erforderliche Dosis Aetzkalk zu 2,4 kg auf 1 cbm Wasser; auch dabei mußte die Dauer der Einwirkung noch 24 Stunden betragen. Bei dem kurzen Durchgang durch die Klärtürme, wie er gewöhnlich stattfindet, mußten reichlich 3 kg Kalk zugesetzt werden. Der Zusatz solcher Mengen erscheint praktisch undurchführbar, ebenso die Verlängerung der Wirkungsdauer bei Durchgang durch Klärtürme oder Brunnen (etwa 1 Stunde) auf 24 Stunden. — Nach Versuchen von Pfuhl (Zeitschrift für Hygiene, Bd. 12 und danach in Hygienische Rundschau 1893) werden Typhus- und Cholerabazillen in Kanalwassern vernichtet, wenn entweder 1 kg Kalk 1½ Stunden lang, oder 1,5 kg 1 Stunde lang darauf einwirken; doch ist dabei fortwährendes Umrühren der Mischung vorausgesetzt. Bei Versuchen mit Berliner Kanalwasser erzielte Pfuhl vollständige Desinfektion mit 2 kg Kalk auf 1 cbm Wasser in der Dauer von 1 Stunde. Nach Liborius genügen 0,9 kg Kalk, um in 6stündiger Dauer die

überwiegende Mehrzahl der Keime zu vernichten. Anderweit wird etwa 1 kg bei 2—3stündiger Dauer der Einwirkung als notwendig erklärt. Sollen 1—1 1/2 Stunden genügen, so wird man hiernach etwa 1,5 kg auf 1 cbm Wasser zuzusetzen haben. Wasser, die bereits einen wirksamen Klärungsprozeß durchgemacht haben, können mit dem Zusatz von 0,5 kg Kalk in 1/2stündiger Dauer völlig keimfrei gemacht werden.

Derartig große Zusätze in gewöhnlichen Zeitläuften zu machen, liegt aber kein Grund vor; sie werden nur in Zeiten von Epidemieen, also ausnahmsweise anzuwenden sein. Man würde durch dieselben außer hohen Kosten, Schädigung der ausgefällten Schlammmassen und — was erheblich schlimmer — Schädigung des Flußwassers bis zur Unbrauchbarkeit und zur Vernichtung des Fischlebens bewirken.

Sowohl wenn man mit normalen als übernormalen Kalkmengen klärt, erscheint es möglich, den größeren Teil des Kalks wieder zu gewinnen, vermöge der Eigenschaft des Aetzkalks sich mit Kohlensäure zu einfach kohlensaurem Kalk zu verbinden. Der Mittel, dem Wasser nach Passierung durch den Klärapparat rasch Kohlensäure in größeren Mengen zuzuführen, sind mehrere denkbar; doch handelt es sich dabei wesentlich um den Kostenpunkt.

Bruch will dies so bewirken, daß er das Wasser durch ein Kokefilter leitet, welches mit feiner Verteilung des Wassers durchflossen wird und durch das gleichzeitig die Rauchgase einer größeren Feuerung geführt werden. Das Verfahren ist aber im großen bisher nicht erprobt.

Kommt es nicht auf rasche Ausscheidung des Kalkes an, so kann man die Kohlensäureaufnahme auch durch bloßes Belüften des Wassers in Becken von geringer Tiefe bewirken.

Auch der mit den Schwebestoffen des Schmutzwassers abgesetzte Kalk braucht nicht verloren gegeben zu werden. Preßt man den Schlamm und brennt ihn, so wird der Aetzkalk wieder erhalten, da die beigemischten organischen Stoffe verbrannt werden und nur die mineralischen zurückbleiben. Während aber der aus dem geklärten Wasser wieder gewonnene Kalk vielleicht rein genug ist, um zu einer abermaligen Benutzung als Klärmittel geeignet zu sein, erscheint dies bei dem aus dem Schlamm gewonnenen kaum möglich; für diesen ist daher nur eine Verwendung als — minderwertiges — Mörtelmaterial in Aussicht zu nehmen.

Ein anderes Mittel, um den Kalk aus dem Klärwasser zu entfernen, wäre ein Zusatz von Schwefelsäure. Es wird alsdann schwefelsaurer Kalk (Gips) niedergeschlagen, welcher zu entfernen wäre, aber wohl wertlos ist. Und ob mit Rücksicht auf den Wasserlauf die Zuführung von Schwefelsäure erlaubt ist, hängt durchaus von den örtlichen Verhältnissen ab.

§ 199. Teils um die fällende Wirkung des Kalks zu unterstützen, teils mit der Absicht gelöste Stoffe, auf welche der Kalk einflußlos ist, noch in unlösliche Verbindungen überzuführen, setzt man den Schmutzwassern neben Kalk noch andre Stoffe zu. Die am häufigsten gebrauchten sind Aluminiumsulfat (schwefelsaure Thonerde) und Eisensalze. Diese Zusätze geben flockige, stark fällende Niederschläge bei geringen Verbrauchsmengen, sind aber teuer in der Beschaffung.

Gewöhnlich beträgt der Zusatz an schwefelsaurer Thonerde erheblich weniger als die Kalkmenge; doch kommt auch das umgekehrte Verhältnis vor. In Frankfurt a. M. wird beispielsweise der Zusatz von schwefelsaurer Thonerde zu etwa dem Vierfachen des Kalkzusatzes bemessen. Auf 1 cbm Schmutzwasser setzt man durchschnittlich 0,17 kg schwefelsaure Thonerde — mit 14% reiner Thonerde — und 0,04 kg Aetzkalk zu. Die schwefelsaure Thonerde — mit einem Kieselsäureanteil — wirkt besonders auf die Phosphorsäure in den Abwassern.

Durch die Schwefelsäure wird das Ammoniak gebunden. Ein besonderer Vorzug der schwefelsauren Thonerde wird oft darin gesehen, daß dieselbe entfärbend auf das geklärte Wasser wirkt. Das in dem Klärverfahren von Röckner-Rothe neben Kalk angewendete „Präparat“ ist schwefelsaure Thonerde.

Der Zusatz von Eisensalzen ist „empfindlicher“ zu behandeln als derjenige von schwefelsaurer Thonerde, weil derselbe neben günstigen auch ungünstige Wirkungen zeitigen kann. Im Ueberschuß zugesetzt kann er den Düngerwert des Schlammes erheblich vermindern; er färbt auch den Niederschlag. In dem Falle, daß das geklärte Wasser nachträglich künstlich mit Sauerstoff angereichert werden soll, ist es notwendig, daß das Eisen vorher vollständig ausgefällt sei, weil noch vorhandenes Eisen bei seiner großen Affinität zum Sauerstoff diesen rasch an sich reißen würde. Eisen bildet mit einer Anzahl andrer Stoffe unlösliche Verbindungen, z. B. mit Ammoniak und Schwefelwasserstoff. In gewissen Formen — als Ferrihydrat — besitzt Eisen die wertvolle Eigenschaft, in immer wiederkehrender Folge Luftsauerstoff aufzunehmen und denselben anderseits an sauerstoffarme Körper — wie die Faulstoffe der Schmutzwasser — wieder abzugeben. Als bloßes Fällmittel wirkt Eisen bei seiner großen Schwere zwar energisch, doch nicht absolut sicher, indem die durch Eisen ausgefällten Stoffe sich nicht leicht absetzen, oder wenn dies erfolgt, durch aufsteigende Gasblasen wieder an die Oberfläche gefördert werden können. Eisensalze allein sind daher als Fällmaterial nicht anwendbar. Eine Kehrseite derselben bildet ferner die Kostspieligkeit; es kann aber Fälle geben, wo dasselbe als Abfallstoff der Schwefelsäurefabrikation vorhanden, und dann in großen Massen verwendbar ist. Ein derartiges Beispiel ist mitgeteilt in Hygienische Rundschau 1894. Es handelt sich dort um die Reinigung der Abwässer der Industriezentren Roubaix und Tourcoing, welche sehr stark verunreinigt und besonders reich an Fett, daneben auch an stickstoffhaltigen Bestandteilen sind; dort wird die Reinigung ausschließlich durch Zusatz von Eisensulfat bewirkt.

Das Klärmittel von Müller-Nahnsen, neben welchem Kalk zur Anwendung kommt, besteht — wechselnd — aus schwefelsaurer Thonerde und löslicher Thonerde allein, oder noch mit einem Zusatz von Thomasschlacke. Nach einer vorliegenden Analyse sind in demselben vorhanden: Thonerde (Aluminiumoxyd) 12 %, Schwefelsäure 25 %, Kieselsäurehydrat 40 %, Eisenoxyd, Alkalien, Erden, Kristallwasser, zusammen 23 %; das Präparat wird in der Menge von etwa $^1/_5$ der Kalkmenge benutzt.

In dem Abwasserreinigungsmittel von Friedrich & Co. sind in wechselnden Mengen neben Kalk folgende Stoffe enthalten: Thonerdehydrat, Eisenoxydhydrat, Karbolsäure.

Das Müller-Schürsche Reinigungsmittel besteht aus Kalk, Karbolsäure, Holzkohle, Torfmull oder Sägespänen.

Hulwa reinigt Abwässer mittelst Eisen-, Mangan-, Thonerde- und Magnesiasalzen, die mit Zellfasern, Torf oder Braunkohle zu einer „Masse“ vereinigt werden, welche als Fällmittel wirkt; vor oder nach dem Zusatz der Masse erfolgt ein Zusatz von Kalk oder Magnesia. Entweder wird die Reinigung nach der Fällung als beendet betrachtet, oder es folgt noch eine Nachbehandlung mittelst Rieselung, oder auch in der Weise, daß das geklärte Wasser mit Kohlensäure und geringen Mengen schwefliger Säure — beide in Rauchgasen von Steinkohlenfeuerungen enthalten — gesättigt wird. Der ausgefällte Schlamm soll wiederholt als „Masse“ benutzbar sein; sein Düngerwert ist gering; Infektionskeime werden bei dem Verfahren aber sicher vernichtet. Das Hulwasche Verfahren hat für die Reinigung der Abwässer ganzer Städte bisher noch keine Verwendung gefunden, ist dagegen in einzelnen Instituten, Krankenhäusern, sowie in Zuckerfabriken vielfach eingeführt.

In dem in England früher anscheinend öfter, neuerdings wohl weniger oft angewendeten ABC-Prozeß (Sillars Prozeß), besteht das Fällmittel zum Teil aus Alaun, Blut und Kohle, von welchen drei Stoffen dasselbe seinen Namen erhalten hat. Der Menge nach bildet den Hauptbestandteil Thon (Clay), in ungebranntem und gebranntem Zustande; daneben werden noch Magnesium und Eisensalze, Soda und mehrere andre Stoffe benutzt. Die genaue Zusammensetzung wird als Geheimnis bewahrt, ist aber wechselnd. Die Angaben über die Wirksamkeit des ABC-Prozesses lauten sehr verschieden, aber oft ungünstig.

In der neueren Zeit ist in England das Ferrozone-Polarite-Verfahren in Aufnahme gekommen, über welches mehrere günstige Beurteilungen vorliegen. (Arthur Bower, The Treatment of Sewage by Polarite; Exc. Min. of Proceed. of the Inst. of Civ. Engineers, 1893/94 und Vogel, a. a. O.) Das Ferrozon ist das Fällmittel; doch bezeichnet der Name sehr verschiedene Mischungen von Körpern. Vogel giebt an, daß dasselbe in einem Falle bloß aus schwefelsaurer Thonerde, in andern Fällen zu etwa 60 % aus diesem Stoff und zu 40 % aus Eisenoxyd bestand, und daß der Zusatz in der Menge von 1 kg auf 5—10 cbm Wasser angewendet wird. Bower giebt vom Ferrozon folgende Analyse:

Wasser	20,00 %
Wasserfreies Eisensulfat	21,17 „
Wasserfreies Aluminiumsulfat	22,20 „
Kohle	7,16 „
Im Wasser unlösliche Teile	12,70 „
Kristallwasser, und andre nicht bestimmte Stoffe	16,77 „

Die gewöhnliche Menge des Zusatzes dieser Mischung sei 0,085—0,115 kg auf 1 cbm Schmutzwasser.

Die Fällung erfolgt in Becken bei etwa 4stündigem Stillstand des Wassers. Alsdann fließt das geklärte Wasser in dünner oberer Schicht auf ein Filter ab, das im unteren Teil wie ein gewöhnliches Reinwasserfilter gebildet ist, im oberen aus einer Schicht Polarit von 30 ccm Stärke, die von einer etwa ebenso starken Schicht aus sehr scharfem Sand überdeckt wird. Polarit ist im wesentlichen Eisenoxyd, im Englischen Magnetic Oxide of Iron genannt, von schwammartiger Struktur. 1 cbm wiegt 1250—1300 kg. Es besteht (nach der englischen Quelle) aus:

Eisenoxyden	53,85 %
Silicium	25,50 „
Kalk	2,01 „
Schwefelsaurer Thonerde	5,68 „
Magnesia	7,55 „
Kohlenstoffverbindungen und Feuchtigkeit	5,41 „

Die Filter, welche in 24 Stunden auf 1 qm 3—4,5 cbm Wasser liefern, also kaum mehr als scharf betriebene Reinwasserfilter, bedürfen etwa alle 4 Wochen der Reinigung, welche, wie bei letzteren, durch einfaches Abkehren der Schmutzschicht bewirkt wird; alsdann läßt man die Filter 8 Tage hindurch unbenutzt stehen, um von neuem Sauerstoff aus der Luft aufzunehmen. Bei dieser Betriebsweise halten die Filter viele Jahre aus.

Nach Analysen von Vogel wurden aus den Schmutzwassern durch das Klären etwa 81 % und durch das Filtern noch etwa 8 % Stickstoff entfernt, zusammen 89 %, ein Ergebnis, das gegenüber kaum mehr als 30 %, die bei den in Deutschland üblichen Klärmethoden entfernt werden, von Vogel als ein „glänzender“ Erfolg bezeichnet wird.

Bower teilt u. a. folgende, an Wassern aus der Kläranstalt in Acton ausgeführte Analyse mit (Milligramm in 1 l):

		Ungereinigtes Wasser	Gereinigtes Wasser
Verdampfungsrückstand		3610	760
Davon:			
Schwebestoffe	mineralisch	190	0
	organisch	116	0
Gelöste Stoffe	mineralisch	35	49
	organisch	20	27
Chlor		5	6
Freies Ammoniak		25,50	2,40*)
Gebundenes Ammoniak		7,00	0,35*)
Verbrauch von $KMnO_4$ in 15 Minuten		50,6	1,58
Verbrauch von $KMnO_4$ in 3 Stunden		10,09	9,48

Nach Vogel ist die Menge des bei dem Ferrozon-Polarit-Verfahren erfolgenden Schlammes „weit geringer" als bei den mit Kalk arbeitenden Verfahren, und der Schlamm viel wertvoller. Zahlenmäßig beträgt der Wert von 100 kg 1,94 M. gegenüber 0,8—1,0 M. für den bei dem Kalkverfahren erfolgenden Schlamm. Immerhin ist auch bei jenem Preise noch kein Transport auf weite Entfernungen lohnend. Bower giebt für das Verhältnis der Schlammmengen, die bei dem Kalk- und dem Ferrozon-Polarit-Verfahren erfolgen, zu $\frac{1}{2,46}$ rund 0,4 an.

Ueber die Leistung des neuen Verfahrens, was die Vernichtung von Mikroben betrifft, sind in den benutzten Quellen Angaben nicht enthalten. Soviel bekannt geworden, steht das Verfahren in folgenden englischen Städten in Uebung, in ein paar bereits seit 1886: Acton (30000 Einw.), Hendon (16000 Einw.), Huddersfield (96000 Einw.), Royton (13500 Einw.), Southampton (13000 Einw.) und Swinton (16000 Einw.).

Von Hempel ist das sogen. Blausteinverfahren angegeben, welches mit gleichartigen Stoffen wie in dem Ferrozon-Polarit-Verfahren arbeitet. Der Blaustein soll, wenn er auch von etwas anderer Struktur ist, aus ganz ähnlichen Rohstoffen hergestellt sein wie Polarit. Ausführungen liegen bisher nicht vor.

Allem Anschein nach sind Polarit und Blaustein ähnliche Körper wie der als Bischof'scher Eisenschwamm in der Reinwasserfiltration zuweilen benutzte. Der Eisenschwamm wird aus Hämatit in einem besonderen Verhüttungsprozeß erzeugt.

In der allerneuesten Zeit ist von Degener ein Reinigungsverfahren angegeben worden, für dessen Einführung an einigen Orten Vorbereitungen getroffen werden (z. B. in Potsdam). Degener benutzt Eisensalze in der Menge von etwa 0,12 kg auf 1 cbm Schmutzwasser. Um den Niederschlag der durch den Eisensalzen ausgefällten Stoffe sicher zu erreichen, soll dem Wasser ein Brei aus humushaltigen Stoffen: Braunkohle oder schwarzem (schwerem) Torf, zugesetzt werden, in der Menge von 10—20 l auf 1 cbm Schmutzwasser. Die Ausfällung der Schwebestoffe erfolgt sehr rasch und wirksam und man erhält ein klares, aber nicht geruchfreies Wasser. Keimfreiheit soll durch Kalkung des bereits geklärten Wassers erzielt werden. Eine

*) Nach einer von Vogel gemachten Notiz sind die bei den englischen Analytikern gebräuchlichen Angaben über die Ammoniakmengen nicht als absolute Zahlen verwendbar; sie gestatten keinen Schluß weder auf die Stickstoffmenge, welche in den untersuchten Wassern enthalten ist, noch auch nur auf die Ammoniakmenge. Solche Zahlen könnten nur als Vergleichszahlen Interesse in Anspruch nehmen.

Kehrseite der als Humusverfahren oder Kohlenbreiverfahren bezeichneten Klärung ist die große Vermehrung der Schlammmenge, welche dabei eintritt. Im übrigen wird die Beurteilung von dem Ergebnis der noch erst bei Anwendung „im großen“ zu machenden Erfahrungen abhängen. Dazu hat der Schlamm (nach Angaben von Vogel) nur einen außergewöhnlich niedrigen Stickstoffgehalt, ist daher als Düngmittel besonders minderwertig und mithin noch mehr als sonstwie gewonnener Schlamm geeignet, zur „Plage“ der betreffenden Stadt zu werden.

Außer den im vorstehenden direkt genannten, oder in beiläufiger Weise zur Erwähnung gekommenen Klärmittel ist noch eine ganze Reihe andrer versucht worden. Dahin gehören z. B. Chloride von Magnesium, Calcium, Zink, Kupfer u. s. w. Einzig das Magnesium scheint einen etwas größeren Wert zu besitzen, indem es nicht nur klärend wirkt, sondern auch Fäulnis der geklärten Wasser für längere Zeit verhütet als Aetzkalk.

Ein weiteres Eingehen auf die zuletzt genannten und anderweite, nicht genannte Stoffe ist hier um so mehr ausgeschlossen, als ausreichende Erfahrungen über Bewährung u. s. w. bisher nicht bekannt geworden sind.

§ 200. Schon aus der Vielheit der bisher angewendeten Mittel, die sich auf Dutzende belaufen, ist, im Zusammenhalt mit den unzureichenden Erfolgen der Klärverfahren, erkennbar, daß bei dieser Art der Schmutzwasserreinigung trotz etwa 30jähriger Anwendung das Stadium des Experimentierens noch nicht überwunden, noch kein Zustand erreicht ist, von dem aus mit dem Gefühl der Sicherheit an die Lösung der Aufgabe in einem bestimmten Falle herangetreten werden kann. Es liegt hierin ein Moment, welches besonders große Vorsicht bei bezüglichen Entschließungen der Städte notwendig macht. Denn es kann nicht nur der Erfolg mehr oder weniger weit hinter den Erwartungen zurückbleiben, sondern es können auch durch neue Erfahrungen oder Entdeckungen, an die bei dem stetigen Fortschreiten der Technik gedacht werden darf, kostspielige Anlagen mit einem Schlage ganz oder zum Teil entwertet werden.

Was die Kosten der Klärung betrifft, so ist es nicht möglich, darüber zuverlässige Angaben, auf die man sich in einem bestimmten Falle stützen könnte, zu machen. Die in der Litteratur vorliegenden Angaben sind meist unbestimmt. Es werden wohl Zahlen über die Ausgaben für Klärmittel, für Arbeitslöhne u. s. w. angeführt, dagegen die Kosten für die baulichen Anlagen und deren Unterhaltung — einschließlich der des maschinellen Apparates — sowie die Ausgaben für Verzinsung und Tilgung gewöhnlich beiseite gelassen. Ebenso wenig pflegt über die Kosten, welche die Schlammbeseitigung erfordert hat, etwas genaueres angegeben zu werden. Die so umgrenzten, in der Litteratur anzutreffenden Angaben über Klärungskosten bewegen sich etwa zwischen 1½ und 2½ Pfennig für 1 cbm Schmutzwasser, oder auch einer Jahresausgabe von 0,50—1,0 Mark pro Kopf. Gewöhnlich liegen dieselben unter 1 Mark; in der Regel wird es sich dann aber nach dem Vorangeschickten nur um den größeren Teil der Kosten handeln.

§ 201. Nachstehend folgt die Mitteilung einiger Analysenergebnisse, die an Proben aus einigen größeren Kläranstalten gewonnen sind. Die Zahlenangaben bezeichnen durchgehends Milligramm in 1 l Wasser = Gramm in 1 cbm.

Abwasser von Halle. 10 Proben	Schwebestoffe	Gelöste Stoffe									
		Insgesamt	Davon unverbrennlich	Schwefelsäure	Salpetersäure	Salpetrige Säure	Ammoniak	Organischer Stickstoff	Phosphorsäure	Verbrauch an $KMnO_4$	Alkalinität
Ungereinigt:											
Durchschnitt. .	879	2003	1528	2,77	0,18	0,46	0,39	75,3	32,8	792	186
Grenzen . . {	2055	4939	3712	5,8	1,8	4,4	0,60	87,7	50,1	1967	239
	400	1029	854	1,2	0	0	0,28	54,1	20	80	105
Gereinigt:											
Durchschnitt .	2,6	1388	1126	0,62	0,19	0,41	0,36	59,5	9,8	460	300
Grenzen . . {	8,0	1988	1798	2,9	1,9	2,7	0,8	79,8	17,8	1165	390
	0,0	999	960	0	0	0	0,3	19,6	4,5	183	101

Die Halleschen Abwässer sind außergewöhnlich stark mit gelösten Stoffen verunreinigt, unter welchen die mineralischen etwa 75 % ausmachen. Menschliche Absonderungen werden nur verbotswidrig eingeleitet; der Hauptsache nach rühren die Verunreinigungen deshalb von Fabrikabfällen (Stärkefabriken) her. Die Grenzzahlen der Tabelle lassen außerordentlich große Wechsel in der Beschaffenheit der ungereinigten sowohl als der gereinigten Wasser erkennen. Dieselben erweisen die große Schwierigkeit in Menge und Zusammensetzung der Fällmittel, dem Wechsel in der Beschaffenheit der Abwässer sich auch nur einigermaßen anzuschließen. Mit Bezug auf die Entfernung des Stickstoffs leistet die Reinigung wenig, wogegen die Phosphorsäure zu einem beträchtlichen Anteil ausgeschieden wird. Die Schwebestoffe werden sehr vollständig entfernt. Die geklärten Wasser werden unbeanstandet von der Gesundheitspolizei in die — wasserreiche — Saale eingeleitet. Das Klärverfahren wird indes nicht auf die Abwässer der ganzen Stadt, sondern nur auf diejenigen aus einem größeren Bezirke angewendet. Die Klärung erfolgt nach dem Verfahren von Müller-Nahnsen in Klärbrunnen; über die Zusammensetzung des Fällmittels siehe die betr. Angaben S. 324.

Abwasser von Dortmund. 2 Einzelproben	Schwebestoffe		Gelöste Stoffe								
	Insgesamt	Davon organisch	Insgesamt	Glühverlust	Schwefelsäure	Ammoniakstickstoff	Gesamtstickstoff	Phosphorsäure	Chloride	Verbrauch an $KMnO_4$	Kalk
Ungereinigt . .	380	238	1024	344	93	54	69,1	13,7	184,6	765	56,4
Gereinigt . . .	134	38	1104	412	150,2	51,5	51,5	Spur	163,2	900	56
Ungereinigt . .	454	256	606	182	91,2	51,2	63,1	5,2	120,7	695	37,4
Gereinigt . . .	120	56	1086	296	190	49,6	49,6	Spur	120,7	727	37,2

Auch die Dortmunder Abwässer werden nach dem Verfahren von Müller-Nahnsen in Klärbrunnen mit Kalk und andern geringen Zusätzen geklärt. Der in den obigen Zahlen nachgewiesene Erfolg ist unbefriedigend, sowohl in Bezug auf die Schwebestoffe als in Bezug auf die gelösten Stoffe. Erstere werden nur zu 75—80 % ausgefällt. Die Phosphorsäure verschwindet aus dem Wasser, dagegen von dem Stickstoff nur der Anteil von etwa 25 %. Das Gesamtergebnis ist, daß eine Zunahme der gelösten Stoffe stattfindet, auch der organischen darunter, wie sich in dem erhöhten Bedarf an Kaliumpermanganat ausspricht. — Günstiger war der bakteriologische Befund. Bei 12 Proben fanden sich: im ungereinigten Wasser von 797 600—3 707 500, im gereinigten nur von 576—5760. — Auch die Dortmunder Abwasser sind erheblich mit Fabrikwasser (Bierbrauereien) versetzt; menschliche Absonderungen werden nicht aufgenommen.

Abwasser von *Essen*. 2 Einzelproben	Schwebestoffe		Gelöste Stoffe								
	Insgesamt	Davon organisch	Insgesamt	Glühverlust	Schwefelwasserstoff	Stickstoff als Ammoniak	Stickstoff in organischen Verbindung.	Phosphorsäure	Chlor	Verbrauch an $KMnO_4$	Kalk
Ungereinigt . .	318,6	213,4	843,2	229,6	—	31,1	19,2	13,1	234,0	342,8	76,8
Gereinigt . . .	102,4	6,4	1002,4	289,2	—	25,1	21,9	1,7	—	467,6	200,8
Ungereinigt . .	400,0	332,0	609,0	173,0	1,4	20,3	5,8	—	—	297,3	50,5
Gereinigt . . .	184,1	98,1	1775,0	372,0	—	21,5	2,6	—	—	342,5	352

Die Essener Abwässer sind den von Dortmund ähnlich, sowohl im ungereinigten als gereinigten Zustande. Auch hier sind Fabrikwasser beigemischt, während menschliche Absonderungen nicht aufgenommen werden. Die Klärung erfolgt nach dem Verfahren von *Röckner-Rothe* in *Klärtürmen*. Als Fällungsmittel dient vornehmlich Kalk, mit einigen geringen Zusätzen. (Vergl. Angabe S. 324.)

Besonders eingehenden Untersuchungen sind die geklärten Wasser von *Potsdam* unterworfen worden. Der einen der dortigen — drei — Kläranstalten fließen die häuslichen Abwasser unvermischt mit Regenwasser aus einem von 2300 Einwohnern bewohnten Stadtteil zu. Sie erleiden dabei in zwei Sammelbrunnen längere Aufenthalte, besonders in dem zweiten, 28,5 cbm großen Brunnen, da die Klärung nicht dauernd, sondern nur zweimal innerhalb eines Tages in kurzer Arbeitsdauer ausgeführt wird. Da aber die nach Röckner-Rotheschem System angelegten Klärtürme dauernd gefüllt bleiben, so kann erst das, gegen das Ende einer Arbeitsschicht abfließende geklärte Wasser als *frisch aus der Stadt zugeflossenes* gelten. Danach finden große *Verschiedenheiten in der Beschaffenheit der Wasser*, und entsprechend große in der Wirkung der Fällmittel — vorzugsweise Kalk — statt; in der Menge der Fällmittel wird auf die Verschiedenheiten der Abwasser aber keine Rücksicht genommen.

Die Potsdamer Abwässer sind *ganz außergewöhnlich* unrein, jedoch frei von Fabrikwassern; sie werden von *Proskauer* und *Nocht*, welche die Untersuchungen ausgeführt haben, mit „schwach verdünntem Latrineninhalt" in Parallele gestellt. Als charakterisierend für Abwasserreinigung betrachten Proskauer-Nocht a) *den Glühverlust des Verdampfungsrückstandes*; b) *den Verbrauch von* $KMnO_4$, diesen jedoch nur unter der Voraussetzung, *daß die untersuchten Wasserproben immer denselben Zustand der Konzentration zeigen*; c) *den Stickstoffgehalt*, wobei aber nicht nur der in fester Form vorhandene, vielmehr auch der in flüchtiger Form anwesende bestimmt werden muß, letzteres aus dem Grunde, um festzustellen, ob die Wasserprobe bereits vor dem Zeitpunkt des Zusatzes des Fällmittels in Fäulnis übergegangen war oder nicht, weil hiernach der chemische Befund an Verdampfungsrückstand, Glühverlust und Mineralstoffen sich ungleich herausstellt; d) den *Chlorgehalt*, weil derselbe zum Erweise der Identität des Wassers vor und nach der Reinigung gut geeignet ist; endlich e) den *Kalkgehalt*, welcher die Erklärung der Ergebnisse der Keimzählung enthält.

Was zunächst letztere betrifft, so ergiebt sich, daß die Anzahl der Keime am Beginn des Klärbetriebes (alte, aufgesammelte Wasser) von 160 000 000 auf 577 000 und gegen Ende (frisch zugeflossene Wasser) von 108 000 000 auf 117 000 herabgesetzt wurde. Diese zu geringe Wirkung wird dem Umstande zugeschrieben, daß von der zugesetzten Kalkmenge = 0,6 kg auf 1 cbm Wasser, nur $^1/_{13}$ in Lösung übergeführt wird und der weitaus größte Teil (0,554 kg) entweder mit dem Schlamm ausfällt, *oder auch von einem andern Bestandteil der Fällmittel in unlösliche Verbindungen übergeführt wird*. Daraus ergiebt sich die Wichtigkeit sowohl einer ausreichend langen *Dauer* der Wirkung des Fällmittels, als einer *richtigen* Zusammensetzung desselben. Nach dem ungünstigen Ergebnisse der Ermittelungen an den Potsdamer Abwässern erklärten Proskauer und Nocht eine Erhöhung des Kalkzusatzes auf das 5fache = 3 kg auf 1 kg für notwendig, um eine sichere Desinfektionswirkung zu erreichen. — Die geklärten Wasser werden in die *sehr* langsam fließende Havel abgelassen. Doch zeigt die nachstehende Analyse, daß in der Strommitte das Flußwasser bereits wieder von normaler Beschaffenheit ist.

Abwasser von Potsdam. Einzelproben	Verdampfungsrückstand	Glühverlust	Glührückstand	Stickstoff Insgesamt	Stickstoff Davon flüchtig	Chlor	Verbrauch an $KMnO_4$	Kalk	Keime in 1 ccm
Ungereinigt:									
Schwebestoffe	143	61,5	81,5	16,8	—	—	—	10,28	—
Gelöste Stoffe	1838	531,5	1307.5	204,4	110,3	110,05	424,2	62,26	257 000 000
Gereinigt	1600	341,0	1259,0	210,0	146,3	237,87	276,5	108,25	3 000
Wasser aus der Mitte der Havel	257,5	67,5	190,0	4,1	Spur	31,95	21,3	32,5	1 500
Ungereinigt:									
Schwebestoffe	3318,5	2437,0	881,5	82,8	12,1	—	—	10,0	—
Gelöste Stoffe	2271,5	819	1452,5	262,3	66,0	331,7	975,2	180,3	108 000 000
Gereinigt	1844,5	443,5	1401,0	169,0	86,8	354,3	546,7	224,8	4 450
Wasser aus der Mitte der Havel	201,5	35,0	166,5	8,2	0,65	24,8	45,0	24,8	6 500

Frankfurt a. M. reinigt seine gesamten Abwasser in Klärbecken, welche mit 4 mm Geschwindigkeit durchflossen werden, nachdem die Wasser als Fällmittel einen Zusatz von schwefelsaurer Thonerde und Kalk erhalten haben, welcher dem Verunreinigungszustande der Wasser nach einer achtteiligen Skala angepaßt wird. In den Jahren 1887 und 1888 sind von Lepsius Versuche über die zweckmäßigste Zusammensetzung des Fällmittels angestellt worden, welche die nachstehend summarisch mitgeteilten Ergebnisse geliefert haben.

Mittel aus 1—5 Proben	Schwebestoffe				Gelöste Stoffe											
		organische			organische						mineralische					
	Insgesamt	Glühverlust	Stickstoff	Verbrauch an $KMnO_4$	Glührückstand	Stickstoff insgesamt	Stickstoff organisch	Ammoniak Stickstoff	Verbrauch an $KMnO_4$	insgesamt	Glührückstand	Thonerde u. Eisenoxyd	Kalk	Schwefelsäure	Insgesamt	
Ungereinigt . .	1298	919	52,3	423	581	63,1	10,9	58,2	70	757	364	32,6	77,3	81,2	2256	
Geklärt m. 0,16 kg schwefelsaurer Thonerde und 0,04 kg Kalk .	158	88,8	4,1	43	282	57,8	7,3	50,7	51	898	582	15,2	155,9	179,8	1019	
Desgl. m. 0,214 kg Kalk . . .	119	99	4	130	333	68,3	23,2	45	14,8	836	503	7	208	223,5	955	
Desgl. ohne Zusatz von Fällmitteln . . .	155	92	10	97	308	34,2	3,8	30,3	39	683	375	8	121	120,2	838	

Nach diesen Zahlenreihen tritt der Einfluß der Klärung auf die Schwebestoffe weitaus am wirksamsten hervor und zwar einigermaßen unabhängig von dem Fällmittel; doch scheint der Kalk dabei im Vorzuge vor der schwefelsauren Thonerde zu sein. Im übrigen lehren die Zahlen der ersten und letzten Spalte der Analyse durch ihre nahe Uebereinstimmung, daß der Hauptfaktor bei der Klärung die Schwere ist. — Der gelöste organische Stickstoff wird nur ganz un-

wesentlich vermindert; die gelösten mineralischen Stoffe erfahren eine bedeutende Vermehrung. Nach den Zahlen über die Oxydierbarkeit werden die organischen Stoffe aus den Schwebestoffen bis auf 25 % und weniger entfernt; bei den gelösten Stoffen ist die Wirkung erheblich geringer. — Abweichend von dem chemischen verhält sich der bakteriologische Befund. Das ungereinigte Wasser enthielt im Durchschnitt 3 000 000 Keime in 1 ccm. Dieselben wurden entfernt: bei der Klärung mit schwefelsaurer Thonerde und Kalk bis auf 380 000, bei der Klärung mit Kalk allein bis auf 17 500; bei der Klärung ohne Fällmittel wurde eine Vermehrung um 350 000 festgestellt. — Bei der Klärung mit Kalk allein und bei der Klärung ohne Fällmittel war der Geruch der in den Becken befindlichen Wasser außerordentlich belästigend, bei der Klärung mit Kalk allein eine etwa 4½mal so große Schlammmenge vorhanden als bei der Klärung mit schwefelsaurer Thonerde und Kalk.

Nach diesen Ergebnissen wird in Frankfurt a. M. die Klärung mit schwefelsaurer Thonerde und einem Zusatz von Kalk etwa in ¼ der Menge jener als das für die dortigen Abwasser zweckmäßigste Verfahren angesehen. (Vergl. über Näheres hierzu Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege 1889.)

§ 202. Mögliche oder zweckmäßige Verbindungen mehrerer Abwasserreinigungsverfahren sind bereits oben mehrfach berührt worden. Es könnte sich um folgende handeln:

a) Klärung mit nachfolgender Rieselung;
b) Klärung mit nachfolgender Filtration;
c) Filtration mit nachfolgender Rieselung;
d) Filtration mit nachfolgender Klärung;
e) Rieselung mit nachfolgender Klärung;
f) Klärung mit nachfolgender atmosphärischer Oxydation.

Das Verfahren zu a) ist anscheinend in England mehrfach ausgeführt worden, in Deutschland bisher für die Schmutzwasser ganzer Städte noch nicht, wohl aber für die Abwasser von Fabriken. Es dürfte in Zukunft auch wohl für städtische Schmutzwasser in Frage kommen. Für das Verfahren zu b) fehlt die ausreichende Begründung, insofern als bei der Filtration auf die Nutzung der Abwässer so gut wie ganz verzichtet wird. Die zu c) angegebene Kombination kann keine Bedeutung beanspruchen, da beide Verfahren wesentlich dasselbe leisten. Bereits gefilterte oder gerieselte Wasser nachträglich mit Chemikalien zu behandeln (Kombinationen zu d) und e), könnte den Zweck erfüllen, in Zeiten von Epidemieen die Wasser sicher keimfrei zu machen; Voraussetzung dabei sind also Ausnahmezustände. Die Kombination zu f) ist oft in Vorschlag gebracht und vereinzelt auch versucht worden, jedoch soviel bekannt, in der Regel, ohne befriedigendes Ergebnis.

§ 203. Zur Ausführung der Klärung dienten zunächst Becken. Das früheste bekannt gewordene Beispiel dieser Art bietet Birmingham, wo die Wasser nacheinander mehrere Becken passieren, um danach teils durch Filtration, teils durch Klärung weiter gereinigt zu werden. — In Becken kommt das Wasser entweder für eine gewisse Dauer zum Stillstand, oder dasselbe durchfließt die Becken mit der Geschwindigkeit von 2—5 mm. Die Beckentiefe darf einerseits nicht so groß sein, daß die Schwebestoffe zu lange Zeit gebrauchen, um den Boden zu erreichen, sie darf andrerseits nicht zu gering sein, damit die Notwendigkeit allzu häufiger Außerdienststellung zum Zweck der Herausnahme des Schlamms vermieden wird. Gegen das untere Ende hin giebt man der Beckensohle etwas Gefälle, um die Durchflußgeschwindigkeit zu verlangsamen und auch dadurch die Ablagerung der leichteren

Schwebestoffe zu befördern. Nach diesen Rücksichten bemißt sich die mittlere Tiefe der Becken zu 1,5—2,0 m.

Ob man die Becken offen anlegt oder überdeckt, ist zumeist eine Frage der Oertlichkeit. Wo die Schmutzwasser mit hoher Temperatur ankommen, wird Frostgefahr nicht leicht zu fürchten sein, zumal die Schmutzwasser viel Kochsalz enthalten und die Sohle der Becken eine beständige, relativ hoch liegende Temperatur bewahrt. Offene Beckenanlagen in der Nähe von Wohnstätten können aber große Geruchbelästigungen hervorrufen, namentlich in der warmen Jahreszeit. Und der Desinfektionswirkung des Sonnenlichts steht auf der andern Seite die Beförderung der Fäulnisvorgänge durch die erhöhte Temperatur gegenüber. Danach wird die Ueberdeckung die Regel, die offene Bauweise die Ausnahme sein.

Ein Mangel der Beckenanlagen ist, daß zur Entfernung des Schlammes das betreffende Becken vorübergehend außer Betrieb gesetzt werden muß. Man muß daher zerlegen, wodurch aber die ohnehin hohen Baukosten der Becken eine entsprechende Erhöhung erfahren. Ein fernerer Mangel der Beckenanlagen besteht darin, daß die Schlammablagerungen in denselben für mehr oder weniger lange Dauer verbleiben, während welcher die Fäulnis fortschreitet. Endlich erfordern Beckenanlagen eine große Grundfläche, werden auch dadurch kostspielig und zudem unübersichtlich im Betriebe.

Neben Becken benutzt man, und zwar vorwiegend, Klärbrunnen und Klärtürme.

Den Klärbrunnen wird das Wasser in der Tiefe zugeführt, und steigt dann unter dem Druck der Gegenwassersäule auf, um über den Brunnenrand abzufließen. Die Schwebestoffe bewegen sich also der Richtung des Wasserstroms entgegen, oder vielmehr: ihre Schwere setzt sich dem Bestreben des Wasserstroms, sie mit sich zu führen, entgegen, wodurch vielleicht eine etwas wirksamere Ausfällung als in den Becken und eine innigere Mischung mit dem Fällmittel erzielt wird. Die Brunnen sind wenig Raum einnehmend und können in überdachtem Gebäude angelegt werden, sind auch frostfrei; endlich findet bei ihnen stetige Entfernung des Schlammes mittelst einer Schlammpumpe statt. Bei ungünstigem Baugrunde kann die Herstellung der Brunnen auf Schwierigkeiten stoßen. Bei den wirbelnden Bewegungen, die das Wasser beim Aufstieg annimmt, werden üble (auch giftige) Gerüche in großer Menge ausgestoßen; zum Schutz der Arbeiter und der näheren Umgebung ist es daher notwendig, die Brunnen dicht abzudecken und aufsteigende Gase einer Feuerung zuzuleiten.

Klärtürme bedürfen nur brunnenartiger Bassins von geringer Tiefe, in die eine Glocke aus Eisenblech mit ihrem unteren Rande eintaucht. In der Glocke wird Luftverdünnung hergestellt und steigen alsdann die Schmutzwasser in derselben auf, wobei die Schwebestoffe in das Bassin sinken; der Klärungsvorgang ist daher derselbe wie bei dem Klärbrunnen. Ein Vorzug der Klärtürme besteht in der Abwesenheit von Gerüchen, da die entwickelten Gase durch die Luftpumpe zu einer Feuerung geführt werden.

Allgemeine Kostenvergleiche zwischen Klärbrunnen und Klärtürmen lassen sich nicht wohl ziehen, da darüber die Oertlichkeit zumeist entscheidet.

Beide Arten von Apparaten sind Anfang der 80er Jahre in Deutschland etwa zugleich aufgetaucht: 1884 Versuche in Dortmund sowohl mit Klärbrunnen als Klärtürmen, 1885 in Essen eine Klärturmanlage, 1886 in Halle, und gleich darauf in Dortmund, Klärbrunnenanlagen. Neben diesen größeren Werken lagen von beiden Systemen jedoch schon früher Ausführungen für Zuckerfabriken, Brauereien, Färbereien u. s. w. vor.

Es ersieht sich, daß nichts im Wege steht, Kombinationen von Klärbrunnen

und Klärtürmen mit Klärbecken zu treffen; eine Kombination ersterer Art ist in Wiesbaden ausgeführt; Kombinationen letzterer Art sind bisher nicht bekannt geworden. Anderweit hat man (Halle) Schmutzwasser nacheinander in zwei Brunnen geführt.

Die Luftleere der Klärtürme kann anstatt mittelst Luftpumpe auch mittelst Wasserfüllung (Apparat von Peschges) hergestellt werden; ebenso läßt sich Dampf dazu benutzen, doch wohl nicht Knallgas, welches bei Abfuhrbehältern in Gebrauch gekommen ist (Apparate von Coblenzer und von Wegner).

Im übrigen sind verschiedene Einrichtungen und Apparate teils ausgeführt, teils in Vorschlag gebracht, welche etwa als Zwischenstufen zwischen Klärbecken, Klärbrunnen und Klärtürmen angesehen werden können; auf solche Konstruktionen wird erst im Teil II näher einzugehen sein.

Einige Litteraturangaben zu dem vorhergehenden Abschnitt.

A. Betreffend Schmutzwasserreinigung überhaupt.

Generalbericht, erstattet von Virchow, über die Reinigung und Entwässerung Berlins. Mit Anhängen 1—3, enthaltend Uebersetzungen des 1. und 2. Report der englischen Rivers Pollution Commission und Uebersetzung eines Kommissionsberichts betr. die Verunreinigung der Seine bei Paris. Berlin 1873 u. ff.

Die verschiedenen „Reports“ der englischen Royal-Commissions betr. die Flußverunreinigung im allgemeinen und die Themse-Verunreinigung im besonderen. London.

König, Die Verunreinigung der Gewässer. Gekrönte Preisschrift. Berlin 1887.

Derselbe, Ueber die Prinzipien und die Grenzen der Reinigung von fauligen und fäulnisfähigen Wassern. 1885.

Gerson, Die Verunreinigung der Wasserläufe u. s. w. Berlin 1889.

Kaftan, Die systematische Reinigung und Entwässerung der Städte. Wien 1880.

Baumeister, Städtisches Straßenwesen und Städtereinigung. Berlin 1890.

Brix-Behring, Die Bekämpfung der Infektionskrankheiten. Leipzig 1894.

Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften. 3 Bd. Leipzig.

Vogel, Die Verwertung der städtischen Abfallstoffe. Berlin 1896.

B. Latham, Sanitary Engineering. A Guide to the Construction of the Works of Sewage etc. London and New York.

Fischer, Das Wasser. Berlin 1891.

Stammer, Die Reinigung der städtischen Abwässer und die Reinhaltung der öffentlichen Wasserläufe. Breslau 1885.

Mitgau, Bericht über die in Berlin, Amsterdam u. s. w. eingeführten Systeme der Städtereinigung. Braunschweig 1880.

König, Ueber die Kanalisation kleiner Städte. Halle 1884.

W. H. Corfield and L. C. Parkes, The Treatment and Utilisation of Sewage. London 1887.

Waring, Modern Methods of Sewage Disposal. New York 1894.

Slater, Sewage Treatment, Purification and Utilisation.

Robinson, Some recent Phases of the Sewage Question etc. London.

Bailey Denton, Sanitary Works and Sewage Utilisation. London 1869.

Maxwell and Tuke, Suggestions for the economical Collection and Disposal of the Sewage, and the Utilisation of the solid Refuse. London 1880.

Die Reports des Massachusetts State Board of Health, welche seit Ende der 80er Jahre in größerer Zahl ausgegeben sind.

Babut du Marès, Le Sewage, son utilisation et son épurage. Leipzig 1883.

Durand-Claye, Les travaux de l'assainissement de Danzick, Berlin, Breslau. Revue d'hygiène 1894.

B. Betreffend die verschiedenen Reinigungsverfahren insbesondere.

Knauff, Der Torf als Filtrationsmittel für Kanalwasser. Berlin 1884.
Peschke, Die Petrische Methode für Reinigung städtischer Kanalwasser. Berlin 1884. (Betrifft nur die Filtration mit Torf.)
Zahlreiche Hefte der Excerpt Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers in London, von den nur folgende hier einzeln angeführt werden:
Lowcock, On the Filtration of Sewage. 1893/94.
Dibdin and Crimp, On Disposal of Sewage Sludge. 1886/87.
Bennett, On Sewage Clarification. 1887/88.
Berrington, On the Wolverhampton Sewage Works. 1891/92.
Bower, On the Treatment of Sewage by Polarite. 1893/94.
Roechling, On the Sewage Farms of Berlin. 1891/92.
Fairley, On the Main Drainage of Edinburgh. 1894/95.
Chemical Precipitation of Sewage of the Worlds Columbian Exposition. Chicago 1893.
Bailey Denton, Sewage Disposal. Ten Years Experience in Works of intermittent downward Filtration and in Combination with Surface Irrigation.
Birch, Sewage Irrigation by Farmers, or Fifty Instances of profitable Sewage Utilisation. 1879.
Swarbrick, On the Withington Sewage. 1893/94.

Weyl, Handbuch der Hygiene. Jena 1895 u. ff.
Fadejeff, Die Unschädlichmachung der städtischen Kloakenauswürfe durch den Erdboden. Versuche an der land- und forstwirtschaftlichen Akademie Petrowsky u. s. w. Aus dem Russischen ins Deutsche übersetzt von Menzel. Leipzig 1886.
Hobrecht, Beiträge zur Beurteilung des gegenwärtigen Standes der Kanalisations- und Berieselungsfrage. Berlin 1883.
Schweder, Die Spüljauchenrieselung. Sonderabdruck aus Müllers Landwirtschaftl. Centralbl. f. Deutschland. Berlin 1875.
Fegebeutel, Die Kanalwasserbewässerung u. s. w. in England. Danzig 1870.
Derselbe, Die Kanalwasserbewässerung u. s. w. in Deutschland. Danzig 1894.
Grandke, Die Rieselfelder von Berlin. Berlin 1892.
Die jährlichen Verwaltungsberichte des Magistrats von Berlin über die Kanalisationswerke, von 1875 an. Berlin.
Perels, Handbuch des landwirtschaftlichen Wasserbaues. Berlin.
Vincent, Die Drainage, deren Theorie und Praxis. Leipzig.
Von Zeitschriften insbesondere: Deutsche Vierteljahrschrift f. öffentliche Gesundheitspflege, Jahrg. 1888 u. ff. „Der Gesundheitsingenieur“, Jahrg. 1888 u. ff.

Ueber Reinigung von Fabrikwassern handeln insbesondere:

Jurisch, Die Verunreinigung der Gewässer. Berlin 1890.
Fischer, Das Wasser u. s. w. Berlin 1891.
König, Die Verunreinigung der Gewässer. Gekrönte Preisschrift. Berlin 1887.
Butterworth, On Sewage and Refuse Disposal at Loughborough. Exc. Min. of Proceed. of the Inst. of Civ. Engin. 1895/96.
Naylor, Plant for the Treatment of Trades Waste. Exc. Min. wie vor. 1895/96.

2. Kapitel.

Desinfektion, insbesondere trockener Abfallstoffe.

§ 204. Seit dem Zeitpunkte, wo es feststeht, daß die sogen. Infektionskrankheiten von spezifischen Erregern hervorgerufen werden, hat der früher unbestimmte Begriff der „Desinfektion“ einen genau umschriebenen Inhalt bekommen und hat sich von da an auch erst eine genauere Kenntnis der Desinfektionsmittel

und deren Wirkungsweise ergeben; indes ist auf dem letzteren Gebiet heute noch manches lückenhaft oder unvollständig. Mit den Fortschritten der hygienischen Wissenschaft parallel gehend hat sich auch die Erkenntnis von der Bedeutung und der Notwendigkeit der Desinfektion in immer weitere Kreise verbreitet. Demzufolge wurden in der 14. und 18. Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege (1888 und bezw. 1893) folgende Resolutionen beschlossen:

1. Jede größere Stadt bedarf einer oder mehrerer stationärer öffentlicher Desinfektionsanstalten. Der Anschluß einer solchen an andre kommunale Anstalten ist zulässig. Zur gemeinsamen Benutzung für kleine Ortschaften, insbesondere für ländliche Gemeinden, ist die Beschaffung transportabler Desinfektionsapparate vorzusehen.
2. Die Benutzung der öffentlichen Desinfektionsanstalten ist auf Grund ärztlicher Bescheinigung unentgeltlich zu gestatten.
3. Als Desinfektionsmittel ist in den öffentlichen Desinfektionsanstalten der strömende Wasserdampf zu verwenden. Diese Anstalten müssen auf ihre Leistungsfähigkeit geprüft sein und unter sachverständiger Kontrolle bleiben. Die desinfizierten Gegenstände sind von den zu desinfizierenden genügend zu sondern. Die Desinfektoren haben sich durch besondere Kleidung, Respiratoren und Waschungen vor Ansteckung zu schützen.
4. Die Wahl der Apparate und technischen Einrichtungen hängt von örtlichen Verhältnissen ab.
5. Es ist zweckmäßig, mit der Desinfektionseinrichtung eine Badeanstalt zu verbinden.

Und weiter:

Es ist wünschenswert, daß die Gemeinden die Errichtung einer Abdeckerei in Zukunft von der Ausstattung mit Apparaten abhängig machen, welche die bisherigen Benachteiligungen, Belästigungen und Gefahren des Abdeckereibetriebes thunlichst verhüten.

Beide Resolutionen haben sich als sehr erfolgreich erwiesen, sowohl mit Bezug auf die Konstruktion geeigneter Apparate als mit Bezug auf das Vorgehen der Gemeinden in diesen Dingen.

§ 205. Die Anforderungen an die Desinfektion gehen aus folgender, von Koch herrührender Erklärung hervor:

Desinfektion ist erfolgt, wenn die in Frage kommenden spezifischen Infektionsstoffe zerstört sind, wenn speziell bei Bakterienkrankheiten die Bakterien, und, falls dieselben Dauersporen besitzen, auch diese im Objekt getötet sind.

Daraus folgt, daß man nicht überall das gleiche Desinfektionsmittel, besonders nicht dasjenige, welches alle, auch die widerstandsfähigsten Sporen tötet, anzuwenden braucht, sondern nur dasjenige, welches für den besonderen Fall ausreicht . . .

Diese Feststellung ist wichtig, weil die gefährlichsten Bakterienarten (Cholera- und Typhusbazillen) weniger widerstandsfähiger sind, als andre minder gefährliche, insbesondere das bei betreffenden Beurteilungen gewöhnlich herangezogene Bact. coli commune.

Ueber Zweck und Bedeutung der Desodorisation vergl. S. 272.

§ 206. Die Desinfektionsmittel sind teils physikalische, teils chemische. Zur Gruppe der ersteren gehören:

a) Sogen. trockene Hitze in der gewöhnlichen Form, auch als Glühhitze oder als Flamme wirkend.

b) Feuchte Hitze, in siedendem Wasser, oder mittelst Dampf wirkend.

Die Zahl der chemischen Desinfektionsmittel ist sehr groß; entsprechend ist die Wirksamkeit derselben sehr ungleich.

§ 207. Trockenhitze in der gewöhnlichen Form ist wegen der dabei fehlenden Eigenschaft, selbst nur einer gewissen Gleichmäßigkeit in der Verteilung, nur beschränkter Anwendung fähig. Um ein gewisses Minimum der Hitze in allen Teilen eines zu desinfizierenden Gegenstandes zu erreichen, muß die Hitze an ihrem Ursprunge so weit gesteigert werden (auf 150° und darüber), daß die der Desinfektion unterworfenen Gegenstände dabei Schaden nehmen. Daher ist trockene Hitze im allgemeinen nur da gebrauchsfähig, wo es auf die Zerstörung des betreffenden Gegenstandes ankommt, oder die Erhaltung desselben gleichgültig ist; hierin liegt die Ursache, daß die früher als Desinfektionsapparate benutzten sogen „Brennkammern" heute ganz außer Gebrauch gekommen sind. Trockenhitze als Glüh- oder Flammhitze wirkend, wird noch benutzt bei der Zerstörung von infizierten Kleidungs- oder Wäschestücken, von infizierten oder verdorbenen oder zu konservierenden Nahrungsmitteln (Fleisch, Milch), den Absonderungen Infektionskranker, bei Teilen oder ganzen Kadavern gefallener Tiere, bei der Leichenverbrennung, bei der Aufarbeitung menschlicher Absonderungen zu künstlichem Dünger.

Durch Hitze lassen sich auch die Gerüche von Grubeninhalt zerstören. Nach dem Vorschlage von Roßbach geschieht dies in einfacher Weise, indem man auf dem Abortssitz einen Blechschlot von etwa 40 cm Höhe anbringt, in welchem eine brennende Flamme unterhalten wird. In dem Schlot befinden sich Drahtgewebe, die durch die Flammen stark erhitzt werden, an welchen vorbeistreichend die Riechstoffe verbrennen.

Die Abgänge von Cholera-, Typhus- und Dysenteriekranken, der Auswurf Tuberkulöser und Lungenkranker, die Membranen Hautdiphtheritischer und Scharlachdiphtheritischer, der Urin Tetanuskranker, Geifer und Speichel tollwütiger Tiere, Absonderungen und Ausleerungen von an Milzbrand, Rotz, Maul- und Klauenseuche erkrankter Tiere und Menschen, Darmparasiten und Eitererreger, auch Leichenflüssigkeiten werden am besten zunächst mit Torfmull gebunden und erst alsdann verbrannt. Der Ofen muß zum Beschicken von oben eingerichtet sein und mit einem Brennmaterial, welches mit Flamme brennt, befeuert werden.

Für die Desinfektion von Kehricht (sowohl von Hauskehricht als Straßenkehricht) ist trockene Hitze das einzige im großen gebrauchsfähige Desinfektionsmittel, da mit chemischen Mitteln, wegen der Schwierigkeit, welche die innige Mischung verursacht, der Zweck nicht erreichbar ist. Indessen kann man auch bei der Müllverbrennung nicht immer auf vollständige Keimfreiheit rechnen, da Fälle bekannt sind, daß in dem Verbrennungsrückstande noch organische Bestandteile angetroffen wurden.

Bei den Berliner Müllverbrennungsversuchen, welche in langer Dauer fortgeführt sind, erzielte man zu Zeiten im Fuchs nur Temperaturen, welche auf 150 bis selbst 120° C. herabgingen; es wird dadurch die erwähnte Thatsache genügend erklärt. In jeder Zelle eines Ofens konnten in 24 Stunden nur 2800—2900 kg Müll verbrannt werden, wenn man 6—7 % Kohle hinzufügte; dabei verblieb ein Rückstand von reichlich 50 % des ursprünglichen Volumens, das sich zur Hälfte aus Schlacke, zur Hälfte aus Asche zusammensetzte. In englischen Müllverbrennungsanstalten sind die Ergebnisse teils viel günstigere gewesen: Verbrennung von 6000—7000 kg Müll in einer Zelle in 24 Stunden; Rückstandsmengen von nur 25—33 %; Temperaturen von 600—800° im Fuchs. Doch sind auch dort Fälle bekannt, wo das Verfahren weniger befriedigt hat, als vielfach angenommen wird, namentlich was Kosten und die Verwertungsfähigkeit der Rückstände betrifft.

Immerhin ist der mit der Müllverbrennung beschrittene Weg ein sowohl durch

die Not als durch Zweckmäßigkeit an die Hand gegebener und hat sich deshalb die 19. Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege 1894 (zu Magdeburg) befürwortend für die Anstellung weiterer betreffender Versuche ausgesprochen (vergl. Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege, 27. Bd., 1895).

Schneider hat für die Müllverbrennung Oefen in Vorschlag gebracht, mit viel höheren Temperaturen als bisher benutzt wurden. Es soll durch Zuschläge von Kalk und Alkalien das Schmelzen der Bestandteile des Kehrichts bewirkt und die flüssig gewordene Masse zu geformten oder ungeformten steinartigen Stücken verarbeitet werden, die eine Benutzung als Wegebaumaterial zulassen. Bisher liegen über das Verfahren nur geringe Versuche, aber noch keine Ausführungen in größerem Maßstabe vor. (Näheres ist in einer kleinen Schrift enthalten: Schneider, Verfahren und Oefen zur Aufarbeitung der Wirtschaftsabfallstoffe. Dresden 1895.)

Feuchte Hitze, an Wasser gebunden, muß reichlich 100° erreichen und während einer gewissen, nicht zu geringen Dauer wirken (¼—½ Stunde), wenn der Erfolg sicher sein soll. Anwendbarkeit bei der Sterilisation von Trinkwasser, zum Desinfizieren von Werkzeugen und Hausgeräten, zum Zerstören von Schädlichkeiten in Nahrungsmitteln, oder zur Vorbeugung gegen Auftreten solcher. Feuchte Hitze an Dampf gebunden kommt bei ungespanntem und gespanntem (wenig über Atmosphärendruck gespanntem) Dampf für mannigfache Zwecke zur Anwendung. Alle heutigen öffentlichen Desinfektionsanstalten und die Desinfektionsanstalten der neueren Krankenhäuser benutzen Dampfdesinfektion. Zerstörung der Infektionsstoffe wird sowohl bei gespanntem als ungespanntem Dampf erreicht, wenn auch nicht in gleicher Zeitdauer. Das Wesentliche dabei ist die Einrichtung (Form u. s. w.) des Desinfektionsraumes, und die Form des zu desinfizierenden Stücks. Je schwieriger der Dampf zu allen Stellen des Gegenstandes (dichte Wäschepacken, Matratzen u. s. w.) Zutritt findet, je längere Zeit erfordert die Desinfektion: von ⅓ Stunde bis 1 Stunde. — Was Beschädigungen der der Desinfektion unterworfenen Gegenstände durch nasse Hitze anbetrifft, so ist bekannt, daß die meisten Gewebe die Temperatur von 120° ohne Schaden aushalten. Dennoch kommen leicht Beschädigungen dieser oder jener Art vor, wenn die Desinfektoren nicht die peinlichste Sorgfalt dagegen anwenden.

Neuerdings hat man Dampfdesinfektion auch auf infiziertes Brunnenwasser angewendet (Zeitschr. f. Hygiene 1895). Nachdem chemische Desinfektion versagt hatte (darunter auch mit Aetzkalk), erzielte man durch 2¼stündiges Dampfeinblasen in einen Kesselbrunnen, welcher 1,8 cbm Wasser enthielt, einen vollständigen Erfolg; während des Dampfeinblasens ward fortdauernd die Pumpe in Gang gehalten. Mit größerer Leichtigkeit als bei Kesselbrunnen ist das Verfahren bei Röhrenbrunnen anwendbar.

Zur Desinfektion der Viehwagen der Eisenbahnen wird sowohl Dampf als heißes Wasser von mindestens 70° C. Temperatur benutzt, und zwar der Dampf bei geschlossenem Zustande des Wagens. Das erhitzte Wasser ist unter hohem Druck gegen alle Teile des Wagens zu schleudern. Nach der Trocknung Bestreichen mit einer Chlorkalklösung: 1 Gewichtsteil Chlorkalk auf 12 Gewichtsteile Wasser, oder einer Karbolkalklösung, oder heißer alkalischer Lauge aus 0,5 kg Soda auf 100 l Wasser.

§ 208. Ueber die Desinfektion von Abfallstoffen mit chemischen Mitteln liegen ausgedehnte Versuche von Gerloczy u. a. vor (Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege 1889). Die Versuche bezogen sich:

1. auf den Inhalt von Abortsgruben;
2. auf Kanalwasser;
3. auf den Inhalt von Hofeinlässen (Gullies);
4. auf trockenen Straßenkehricht;
5. auf frische Entleerungen von an akuten Darmkrankheiten, namentlich an Typhus Leidenden.

Es wurden folgende Desinfektionsmittel angewendet:

a) Sublimat (Quecksilberbichlorat);
b) Kupfervitriol;
c) Schwefelsaures Zinkoxyd;
d) Eisenvitriol;
e) Karbolsäure, kristallisiert und roh;
f) Karbolkalk;
g) Creolin;
h) Rohe konzentrierte Schwefelsäure;
i) Frischer Aetzkalk;
k) siedendes Wasser;
l) Lauge (hergestellt aus 1 l Holzasche, 2 l Wasser);
m) Kochsalzlösung mit 26,1 % Kochsalz.

Die Ergebnisse, zu denen Gerloczy gelangte, sind folgende:

Eine vollständige Desinfektion von Grubeninhalt ist, praktisch genommen, nahezu unmöglich, mit Sublimat nicht wegen der Kostspieligkeit. Mit 40 kg Kupfervitriol kann man mit einiger Aussicht auf Erfolg 1 cbm Grubeninhalt desinfizieren. — Zur Desodorisation von 1 cbm Grubeninhalt reichen 20 kg rohe (25—30 %ige) Karbolsäure aus.

Kanalwasser. Kupfervitriol in der Menge 1 : 1000 zugemischt, tötet die Bakterien, macht die Flüssigkeit geruchlos, und klärt das Wasser schnell und vollständig. Dieselbe bleibt auf 10—14 Tage steril und geruchlos. Das Mittel ist daher sehr zu empfehlen.

Der schlammige Inhalt von Hofgullies ist äußerst schwer zu desinfizieren. Geruchlosigkeit kann mit Karbolkalk erzielt werden, der aber Verstopfungen verursacht. Besser ist rohe Karbolsäure im Verhältnis 1 : 1000 zugesetzt.

Trockenen Straßenkehricht zu desinfizieren ist praktisch nahezu unmöglich, weil in demselben die Bakterien in der Dauerform der Sporen vorhanden sind, welche den Desinfektionsmitteln in außerordentlichem Maße widerstehen.

Frische Entleerungen von Typhuskranken und von Kranken mit akuten Darmleiden: Sublimat in der Menge 1 : 1100 bewirkt Desinfektion in 1 Stunde. — Kupfervitriol desinfiziert in der Menge 1 : 110. — Kristallisierte Karbolsäure in der Menge 1 : 25 angewendet, ist in der Wirkung unsicher, Creolin in der Menge von 1 : 10 ausreichend. — Lauge, in der Menge 3 : 1 kalt zugesetzt, bewirkt in 1 Stunde nahezu Desinfektion, heiß zugesetzt in 24—48 Stunden volle Desinfektion. — Die Wirkung von siedendem Wasser ist unsicher.

Nach diesen Ergebnissen formuliert Gerloczy folgende Grundsätze:

Vollständige Desinfektion von Grubeninhalt kann nur in außerordentlichen Fällen gefordert werden, wie z. B. bei den ersten Fällen von Cholera, wenn frische Absonderungen in die Gruben gelangen. Alsdann ist Kupfervitriol in der Menge von 40 kg auf 1 cbm zu empfehlen, und zur Geruchlosmachung rohe Karbolsäure in der Menge von 20 kg auf 1 cbm.

Kanalwassern ist Kupfervitriol in großen Mengen zuzusetzen. In offene Rinnsteine ist rohe Karbolsäure in der Menge von 2 Teile auf 1000 Teile Wasser zu schütten. Kanaleinlässe sind mit Wasser zu spülen und mit roher Karbolsäure geruchlos zu machen.

Straßenkehricht ist zu befeuchten und rasch aus der Stadt zu entfernen. In Häusern, auf Treppen und Höfen Karbolkalk zu streuen, ist nicht zu gestatten, vielmehr fleißiges Kehren und Aufwaschen mit Zinkvitriol anzuordnen.

Frische Absonderungen sollen mit Kupfervitriol in der Menge 1 : 100 versetzt werden. Noch besser ist siedende Lauge in der Menge 3 : 1, hergestellt aus 1 Teil Holzasche auf 2 Teile Wasser. Ebenfalls kann Kalkmilch benutzt werden, hergestellt aus 1 Gewichtsteil Aetzkalk auf 20 Gewichtsteile Wasser. Zusatzmenge 1 : 10 bis 1 : 5 (vergl. hierzu S. 322).

In Epidemiezeiten wohnt der Desinfektion der Klosettstoffe ganz besondere Bedeutung bei. Versuche, welche damit angestellt sind, haben sehr ungleiche Ergebnisse geliefert und entsprechend besteht heute noch keine Uebereinstimmung über das zweckmäßigste unter den verschiedenen Desinfektionsmitteln.

Nach Anschütz (Inaugural-Dissertation) muß ein Desinfektionsmittel für Darmentleerungen folgende Eigenschaften besitzen: a) chemische Beständigkeit; b) leichte Verteilbarkeit über und in den Entleerungen; c) schnelle Vernichtung wenigstens der in den Entleerungen enthaltenen pathogenen Bakterien; d) wenn möglich Geruchlosigkeit der Entleerungen bewirken; e) relativ unschädlich bei der Hantierung damit sein.

Diesen Bedingungen entsprechen Lysol und Saprol, welche einigermaßen gleichwertig sind. Saprol scheint für Vernichtung von Geruch den Vorzug zu verdienen, und erweist sich in dieser Leistung außerordentlich wirksam. Von einer 1 %igen Lösung von Saprol sind pro Jahr und Person nur 5 kg notwendig, welche etwa 2,50 M. kosten (vergl. Hygienische Rundschau 1893, Heft 3 und 1894, Heft 9).

Anderweit wird als wirksames Desinfektionsmittel für Grubeninhalt Kalkmilch (1 Teil Aetzkalk, 4 Teile Wasser = 20 %ige Lösung) bezeichnet. Zusatz so viel, daß in der Masse 1—2 % Kalk vorhanden sind; danach muß der Zusatz bis etwa 5 % der Masse betragen (s. S. 322). — Chlorkalk ist noch leistungsfähiger als gewöhnlicher Aetzkalk; desgleichen Karbolkalk in frischem Zustande. Derselbe wird erhalten, indem man Aetzkalk mit der Hälfte seines Gewichts Wasser löscht und während des Löschens rohe Karbolsäure innig zumischt. — Stark desinfizierend wirken auch Schwefelsäure und Salzsäure, beide in rohem Zustande. — Einem Zusatz von Sublimat wird vielfach die Wirkung auf Klosettstoffe abgesprochen, weil Umsetzung in das gänzlich unwirksame Schwefelquecksilber erfolgt. — Bei jedem der genannten Desinfektionsmittel ist innige Mischung desselben mit dem Grubeninhalt notwendig.

Weniger desinfizierend — unter Umständen auch ganz ohne Wirkung —, dagegen geruchzerstörend wirken auf Grubeninhalt: Eisensulfat in der Menge von etwa 9 kg auf 1 cbm; Kupfervitriol in der Menge von $^1/_{20}$; ferner ein Gemisch das aus 0,5 kg Chlorkalk, 0,03 kg Sublimat, 4,5 kg Gips besteht, womit die Massen 5—6 mm hoch überschüttet werden. Endlich kann auch ein Gemisch aus 1 Teil Eisenchlorür, 4,5 Teilen Eisenoxyd, 7,5 Teilen Eisenchlorid, 2,5 Teilen Sägemehl und 7 Teilen Wasser als zuzumischendes wirksames Desodorisationsmittel benutzt werden. — Karbolsäure vernichtet den Geruch von Klosettstoffen nicht, sondern verdeckt denselben nur.

Luft in schlecht gelüfteten Kanälen und die Schmutzwasser der Kanäle werden durch Einschütten von Eisenvitriol geruchlos gemacht. Geruch zerstörend und des-

infizierend wirkt auch schweflige Säure, welche entsteht, indem Schwefel auf glühende Kohlen geschüttet wird.

§ 209. Wände und Gegenstände, an denen Infektionsstoffe haften, oder für die ein bezüglicher Verdacht besteht, sind, je nach der Beschaffenheit, verschieden zu behandeln. Gewöhnliche Mauern oder rohe Wände, z. B. von Abortszellen, werden mit Kalk getüncht, wenn man größere Sicherheit erzielen will, zweimal kurz nacheinander. Die Wirkung des Kalks erfolgt aber etwas langsam — erst in mehreren Stunden —, ein Umstand, der den Gebrauch dieses Mittels unter Umständen ausschließt.

Die Wände besser ausgestatteter Räume (Anstriche und Tapeten) werden am besten mit Brot trocken und scharf abgerieben, nachdem vorher der Fußboden mit einer 5 %igen Karbolsäurelösung stark angefeuchtet ist. Letztere besteht aus 1 Teil sogen. 100 %iger Karbolsäure (Acid. carb. depuratum) mit 18 Teilen Wasser, 2 %ige, entsprechend, aus 1 Teil Karbolsäure mit 45 Teilen Wasser. Von mit Infektionsstoffen unmittelbar beschmutzten Wandflächen ist die Tapete zu entfernen, bezw. der Putz scharf abzukratzen. Fußböden allein, Thüren, Fenster, sowie sonstige fest angebrachte Holzteile sind mit 5 %iger Karbolsäurelösung unter reichlichem Verbrauch der letzteren abzuscheuern, und demnächst mit reinem Wasser abzuwaschen. Abortsitze, Möbel und sonstige Gegenstände der Zimmerausstattung werden entweder nur abgerieben, oder noch mit Karbolsäure in schwächerer Lösung bestrichen. Die dabei benutzten Lappen, Brot u. s. w. sind durch Verbrennung zu beseitigen.

An Stelle der Karbolsäure wird zur Desinfektion von Zimmerwänden vielfach Sublimat empfohlen, desgleichen eine schwache Lösung von Chlorkalk oder Wasserstoffsuperoxyd, oder Jodtrichlorid. An Stelle von Kalkanstrich der Wände können auch Natron- und Kalilauge, desgleichen Seifenlaugen (in heißem Zustande) verwendet werden. Der Wirkungsgrad von Seifenlauge hängt nach einigen sehr von dem Alkaligehalt derselben ab; nach andern ergeben sich bei den verschiedenen Seifen (sogen. Schmierseife) keine großen Unterschiede.

Die Wirksamkeit der rohen Karbolsäure wird durch Zusatz einer mineralischen Säure (Schwefelsäure) erheblich gesteigert. Im übrigen sind die Ansichten über den Wert der Karbolsäure als Desinfektionsmittel sehr geteilt; es ist auch gegen dieselbe der Vorwurf starker Giftigkeit zu erheben; letzterer kommt aber noch mehr in Betracht bei Sublimat. Dasselbe zersetzt sich sehr langsam auch bei diffusem Licht, so daß noch nach 1 Jahr in den Tapeten eines mit Sublimat desinfizierten Raumes Quecksilber angetroffen werden kann.

Die Anwendung von Chlor, welches in wässeriger Lösung sehr wirksam ist, und von schwefliger Säure wird wegen der Vergiftungsgefahr meist ausgeschlossen sein.

§ 210. In jedem Falle setzt bei der Vielheit der Rücksichten, welche zu nehmen sind, bei den Gefahren sowohl als Unsicherheiten, welche bestehen, jede Desinfektion von nur einiger Bedeutung die Mitwirkung eines Spezialisten dieses Gebietes oder sonstiger geübter Kräfte (des Personals öffentlicher Desinfektionsanstalten) voraus. Ein selbständiges Vorgehen auf Grund allgemeiner Angaben wie der vorstehenden, muß zumal, wenn es sich um chemische Desinfektion handelt, ausgeschlossen sein.

Hiernach wird man auch leicht beurteilen können, welcher Wert gewissen Desinfektionsmitteln, die für diesen oder jenen, mehr oder weniger bestimmten

Zweck empfohlen worden, beizulegen bezw. vorzuenthalten ist. Bekanntere Mittel dieser Art sind:

Das Desinfektionsmittel von Süvern. Dasselbe besteht aus Kalkmilch, Kohlenteer, Magnesiumchlorid und vielleicht noch einigen andern Zusätzen.

Das Desinfektionsmittel von Friedrich & Co. besteht aus Kalkmilch, Thonerdehydrat, Eisenoxydhydrat, Karbolsäure.

Das Desinfektionsmittel von Müller-Schür besteht aus Aetzkalk, Holzkohle, Torfmull oder Sägespänen und Karbolsäure.

In allen drei Mitteln wird dem Aetzkalk die Hauptrolle zufallen, während die andern Bestandteile mehr oder weniger „Beiwerk" sind.

§ 211. Ueber die Mittel zur Desinfektion von verunreinigtem Boden vergl. S. 71 ff.

Was Desinfektionsleistungen aus dem besonderen Anlaß der Ueberschwemmungen von Wohnungen betrifft, so wird dazu der folgende Auszug aus einem preußischen Ministerialerlaß vom 9. April 1888 betreffend Maßregeln gegen Gesundheitsbeschädigungen durch Ueberschwemmung mitgeteilt:

..... Zur Wiederherstellung gesundheitsgemäßer Zustände von Wohnungen, die überschwemmt gewesen sind, so ist vor allem eine gründliche Reinigung der Wohngebäude in allen ihren Abteilungen notwendig, die aber in der Regel allein noch nicht genügt. Es kommt nämlich in Betracht, daß meistens nicht nur Wasser, eventuell mit Lehm oder andern ähnlichen in sanitärer Hinsicht wenig bedeutsamen Stoffen verunreinigt in die Wohnungen eingedrungen ist, sondern daß das Wasser eventuell auch mehr oder weniger Straßenschmutz, Unrat überfluteter Abtritte und Dungstätten, nach Umständen auch den Inhalt von Schmutzwasserleitungen mit sich führt, und daß Wände und Fußböden der Zimmer mit solchen Stoffen verunreinigt sind. In solchen Fällen ist die vollständige Beseitigung der verunreinigenden Massen oft nicht möglich, und wird alsdann Desinfektion notwendig.

Besondere Rücksicht erfordert in gedielten Zimmern die Deckenfüllung unter der Fußbodendielung, welche entweder nur durchnäßt oder auch nur verunreinigt sein kann. Auch bei bloßer Durchnässung wird sie — unter der oft zutreffenden Voraussetzung, daß sie oft von vornherein aus einem unreinem Material bestanden hat — der Sitz sich lang hinziehender Fäulnis, und unter Umständen ein sehr geeigneter Boden für etwa vorhandene Krankheitskeime werden können. Das durchnäßte Deckenfüllmaterial muß daher beseitigt und durch passendes trockenes ersetzt werden. Da, wo die Dielung bereits schadhaft war, ist die Beseitigung der Füllung sehr ratsam, auch in dem Falle, daß nicht eine besondere Verunreinigung dieselbe notwendig machen sollte, weil die Dielen auf der durchnäßten Unterlage bald völlig verfaulen, oder durch Schwamm zerstört werden würden. — Wenn sich bei der probeweisen Aufnahme einer oder der andern Diele die Deckenfüllung etwa nicht besonders feucht und unrein erweist, so genügt die Desinfektion der Dielen.

Was die Wände betrifft, so ist die Entfernung des Abputzes von denselben sowohl deshalb dienlich, weil damit unreine Stoffe, die mit dem Wasser in die Wände eingedrungen waren, sicherer unschädlich gemacht werden, als es durch Anwendung von Desinfektionsmitteln allein geschehen könnte, wie auch deshalb von Nutzen, weil dadurch die Austrocknung der Wände erheblich beschleunigt wird.

Ist Wasser von der Oberfläche aus in die Keller eingedrungen, so ist dasselbe möglichst bald und vollständig auszuschöpfen. Sind solche Keller im wesentlichen wasserfrei gemacht, so ist der Rest des Wassers zu desinfizieren und fortzuschaffen. Durch Eindringen von Grundwasser überschwemmte Keller können erst trocken gelegt werden, nachdem der Grundwasserstand wieder entsprechend gefallen ist.

Zur Desinfektion sind zwei Mittel verwendbar: Karbolsäure und gebrannter Kalk. Rohe Karbolsäure mit roher Schwefelsäure übertrifft an Wirkung selbstentsprechende Lösungen von reiner Karbolsäure; auf je 10 l Karbolsäure werden 5,5 l rohe Schwefelsäure genommen. Die beiden Körper müssen gut gemischt werden und muß die Mischung 2—3 Tage stehen. Der gebrannte Kalk wird aus Kalkpulver etwas steifer zubereitet, als die Maurer denselben zum Tünchen benutzen.

Zur Desinfektion von Wänden und Fußböden, wie ebenso zum Desinfizieren der Keller nach Trockenlegung derselben wird am besten die Karbolsäuremischung benutzt. Zur Desinfek-

tion von in Kellern verbliebener Wasserreste wird auf 20 Teile derselben 1 Teil der Karbolsäuremischung benutzt. Wände sind mit der Mischung unter Benutzung von Pinseln oder Lappen reichlich anzufeuchten, Holzfußböden mit derselben zu scheuern. Von Abputz befreite Wände werden mit Kalktünche desinfiziert. In Schlamm, der auf der Kellersohle etwa zurückgeblieben ist, wird am besten Kalkpulver in der Menge von 1 Teil auf 20 Teile Schlamm eingestreut. Es kann zur Desinfektion von Kellerwänden zwar auch die Karbolsäuremischung benutzt werden; dies ist des Geruches wegen aber da zu widerraten, wo der Keller zur Aufbewahrung von Nahrungsmitteln, namentlich von Milch benutzt wird.

Neben Benutzung der Oefen zum Austrocknen der Wände ist die Anwendung eiserner Kokekörbe sehr zu empfehlen. Eine Aufschüttung von Sand unter denselben wird stark erwärmt und befördert dadurch das Austrocknen des Fußbodens. In Räumen, in denen Kokekörbe aufgestellt sind, müssen, um Vergiftungen mit Kohlenoxyd vorzubeugen, und des Trocknens wegen Fenster und Thüren beständig offen gehalten werden.

Röhrenbrunnen werden von Ueberschwemmungen in der Regel nicht leiden und können daher fortgesetzt benutzt werden. Dagegen sind Kesselbrunnen möglichst vollständig auszuschöpfen. Die Wandungen derselben sind alsdann zu reinigen und mit Kalk zu desinfizieren. In das im Kesselbrunnen — oder einfachem Schöpfbrunnen — verbliebene Wasser wird eine mäßige Portion Kalkpulver eingeschüttet und wenn dadurch Trübung des Wassers eintritt, der Brunnen abermals möglichst trocken gelegt. Es ist zu empfehlen, das Wasser desinfizierter Brunnen eine Zeit lang nicht ohne weiteres, sondern zum Trinken und für andere häusliche Zwecke nur gekocht zu benutzen. Unbedingt notwendig ist dies, wenn das Wasser überschwemmt gewesener Brunnen in Benutzung genommen werden muß, noch bevor Desinfektion des Brunnens stattgefunden hat.

Ueberschwemmt gewesene Abtrittsgruben müssen sorgfältig repariert werden, namentlich um benachbart liegende Brunnen vor dem Durchsickern von Grubeninhalt zu bewahren. Wenn ein Brunnen nahe an einer Abtrittsgrube liegt, muß, bevor das Ausschöpfen des Brunnens unternommen wird, die Grube ausgeleert werden.

Druckfehler-Verzeichnis.

S. 21, Z. 24 v. o ist hinter „Stickstoffs" einzuschalten: „, der Phosphorsäure und".
S. 25, Z. 28 v. o. ist anstatt „1895" zu setzen: „1890".
S 52, Z. 5 v. o. ist vor „5" einzuschalten: „2,".
S. 65, Z. 11 v. u. ist anstatt „Anchylostima" zu lesen „Anchylostomum".
S. 75, Z. 25 v. u. ist anstatt „80,5" und „101,5" zu setzen „21,7" und bezw. „27,4".
S. 75, Z. 24 v. u. ist anstatt „12,4" zu setzen „15,17".
S. 119 in der Formel 1) für *G* ist anstatt „1,2329" zu setzen „1,2932".

Bayerische StaatsBibliothek

Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Büsing, F. W.,

Die Städtereinigung

Bd.: 1

1897

4 A.hydr. 86 r-3,1/2

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11788071-9